Object Lessons Series, No. III.

POONA. 1894

पुणे

१८९४.

पदार्थपाठमाला

गुच्छ तिसरा

नारायण विठ्ठल आपटे.

Object Lessons Series, No. III.

(For the use of Teachers.)

पदार्थपाठमाला

गुच्छ तिसरा.

लेखक व प्रकाशक

नारायण विठ्ठल आपटे,

हेडमास्तर प्रॅक्टिसिंगस्कूल, ट्रेनिंग कॉलेज, पुणें.

DECCAN VERNACULAR TRANSLATION SOCIETY POONA. 1894
डेक्कन व्हरनॅक्युलर ट्रॅन्स्लेशन सोसाइटी, पुणें. १८९४.

मुद्रक

रा. श्री. गोंधळेकर, ' जगद्धितेच्छु ' छापखाना, पुणें.

१९०८.

किंमत दहा आणे.

ह्या पुस्तकासंबंधीं सन १८६७ च्या २५ व्या आक्टाप्रमाणें
सर्व प्रकारचे हक्क कर्त्यानें स्वाधीन ठेविले आहेत.

प्रस्तावना.

पूर्वीं प्रसिद्ध केल्याप्रमाणें पदार्थपाठमालेचा हा तिसरा गुच्छ व्यवसायबंधुभगिनींच्या हातीं देत आहें. माझ्या पूर्व कृतींप्रमाणेंच ह्या गुच्छाचाही त्यांजकडून स्वीकार होईल अशी आशा आहे. सर्व प्रकारच्या मुलांमुलींच्या शाळांतील चौथ्या इयत्तेस लागणाऱ्या बहुतेक सर्व वस्तुपाठांचा प्रस्तुत पुस्तकांत संग्रह केला असल्यामुळें मराठी शाळांतील शिक्षकांस ह्या पुस्तकाचा चांगला उपयोग होईल.

इयत्तापत्रकाप्रमाणें चौथ्या इयत्तेस एका वर्षांत वीस वस्तुपाठ शिकवावे लागतात. या पुस्तकांत पन्नास पाठ दिले आहेत. म्हणून शिक्षकांस दरसाल तेच तेच पाठ शिकविण्याचा प्रसंग येणार नाहीं, आणि त्यांस आपआपल्या इच्छेप्रमाणें व सोईप्रमाणें पाठांची निवड करण्यास पुष्कळ सवड मिळेल. पाठ ठरलेल्या समूहांच्या क्रमानें लिहिले आहेत, तरी ते या पुस्तकांतील अनुक्रमानें शिकविण्याची आवश्यकता नाहीं. वर्षांत शिकविण्याच्या एकंदर पाठांची निवड केल्यावर एकेका समूहांतील पाठ मात्र अनुक्रमानें शिकवावे.

शिक्षकानें शिकवितांना पुस्तक हातीं घेऊं नये, व केवळ पुस्तकावर भिस्त न ठेवितां स्थलभेदाप्रमाणें पाठांत योग्य तो फेरफार करून शिकवावें. सारांश, प्रस्तुत पुस्तकाचा शिक्षकानें मार्गदर्शकाप्रमाणें उपयोग करावयाचा आहे.

हें पुस्तक वाचण्यापूर्वीं माझीं पूर्वींचीं चार पुस्तकें (बालशिक्षण, भाग पहिला व दुसरा, आणि पदार्थपाठमाला, गुच्छ पहिला व दुसरा) शिक्षकांनीं लक्षपूर्वक वाचावीं. तसेंच शाळा-

खात्यानें प्रसिद्ध केलेलें ‘ वस्तुपाठ कसे शिकवावे याविषयीं सूचना ’ हें पुस्तकही लक्षपूर्वक वाचावें. ह्या सर्व पुस्तकांत वस्तुपाठ शिकविण्यासंबंधानें जीं मुख्य तत्त्वें सांगितलीं आहेत त्यांकडे शिक्षक जितकें लक्ष पुरवितील तितकें थोडेंच.

प्रस्तुत पुस्तक लिहितांना मला अनेक इंग्रजी ग्रंथांचा उपयोग झाला, त्याबद्दल त्या ग्रंथकारांचा मी फार ऋणी आहें.

ह्या पुस्तकांत कोठें कांहीं उणीव असेल व कोठें मतभेद असेल, त्याजबद्दल कोणी सूचना केल्यास त्यांचा साभार स्वीकार करून पुढील आवृत्तीचे वेळीं त्यांचा अवश्य विचार केला जाईल.

पुणें, ता० १५ मार्च १९०८.

ना० वि० आपटे.

६०२५

अनुक्रमणिका.

पाठ. पृष्ठ.

समूह पांचवा.

समूह सहावा.

परिशिष्ट.

दक ६०२५

पदार्थपाठमाला
गुच्छ तिसरा.

पाठ पहिला.

लाकूड.

पाठाचें साहित्य.—साग, शिसू, भेंड वगैरे लाकडांचे तुकडे व काप, चाकू, दाभण, सागाच्या किंवा दुसऱ्या एकाद्या झाडाच्या ओल्या खांदीचा तुकडा, शेगडी किंवा मद्यार्काचा दिवा अथवा मेणवत्ती व लाकडाच्या ढलप्या.

मुलांस सागाच्या किंवा दुसऱ्या कसल्या तरी लाकडाचा तुकडा दाखवावा. लाकूड झाडाच्या खोडापासून मिळतें; लाकूड टणक, बरेंच चिवट, दाह्य व पाण्यापेक्षां हलकें आहे; नखानें खरवडल्यास किंचित खरवडलें जातें, चाकू वगैरे हत्यारानें सहज ताशितां येतें, व आडव्यापेक्षां उभें सहज कापितां किंवा ताशितां येतें; ह्या गोष्टी मुलांकडून अवश्य ते प्रयोग करवून काढून घ्याव्या.

पदार्थपाठमाला गुच्छ दुसरा, पाठ एकतिसावा यांतील मुख्य गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या. लाकूड हा झाडाच्या खोडाचा तुकडा होय. खोडाचा झाडास काय उपयोग आहे ? झाडाचें खोड एकदमच खूब जाडें होतें काय ? झाडाचें खोड कसकसें मोठें होत जातें ? हा सागाच्या तुकड्याचा काप पहा. त्याच्या मध्यभागीं पांढुरका व मऊ पदार्थ आहे तो काय असावा ? खोड वाळून त्याचें लाकूड बनण्यापूर्वी गराचा झाडास काय उपयोग असतो ? साग, वड, उंबर यांसारख्या झाडांच्या सालीच्या आंतल्या अंगास लागून काय असतें ?—लाकडाचा

अगदीं शेवटीं बनलेला थर.—सागाच्या लाकडाचा हा काप घ्या, व ह्याची रचना कशी आहे ती पहा. [आकृति १ पहा.] मध्यभागीं मऊ व पांढुरक्या गराचा बारीक ठिपका असून त्याच्या भोंवतीं लाकडाचे थर दाखविणारीं वर्तुळें आहेत, हें मुलांकडून काढून घ्यावें. बरें, मध्यभागच्या गराच्या बिंदूपासून सालीपर्यंत छत्रीच्या काड्यांप्रमाणें गेलेल्या ह्या रेषा पहा. दिव्याच्या ज्योतीपासून जसे सभोंवतीं किरण पसरतात, त्याप्रमाणें ह्या रेषा मधल्या गराच्या ठिपक्यापासून सभोंवतीं गेलेल्या आहेत. ह्यांना आपण खुणेकरितां लाकडांतील किरणरेषा असें तूर्त म्हणूं. हें लाकूड किरणरेषेवर उभें चिरतों. पहा. किरणरेषा केसासारखी बारीक नाहीं; तर मध्यभागापासून सालीपर्यंत आलेला हा एक जाड पडदा आहे. लाकूड आडवें कापिलें असतां हे पडदे रेषेप्रमाणें दिसतात. लाकडाच्या मध्यभागचा गाभा किंवा गर आणि हे पडदे एकाच पदार्थापासून झालेले असतात, व आंतल्या गराप्रमाणेंच ह्या पडद्यांची रचनाही मऊ व पोकळ कण कण मिळून झालेली असते. ह्या किरणरेषांमध्यें पाचरीच्या आकाराचा जो लाकडाचा भाग असतो, त्याची रचना कठीण व तंतुमय कण कण—हीर—मिळून झालेली असते. लाकडाचा भाग ज्या पदार्थापासून बनतो, तो पदार्थ गर व पडदे ह्यांहून निराळा आहे. ह्या सर्व गोष्टी मुलांस नीट समजावून द्याव्या.

झाडाच्या गराचा झाडाला काय उपयोग असतो? किरणरेषांचाही झाडाला तोच उपयोग आहे. झाडाच्या मुळांपासून शेंड्यापर्यंत, तसेंच मधल्या गरापासून सालीपर्यंत रस वाहण्याचे किरणरेषा हे मार्ग आहेत. झाडाच्या सर्व शरीरांत रस खेळण्याला ह्या पडद्यांचा अथवा किरणरेषांचा किती उपयोग आहे तें यावरून उघड होईल.

लाकडी जिनसा गुळगुळीत व साफसूफ केल्या म्हणजे त्यांस ह्या किरणरेषांनीं फार शोभा येते. यास्तव कारागीर लोक उंची लाकडी सामानावर ह्या रेषा जेणेंकरून चांगल्या दिसतील, त्या

घेतानें लाकूड कापितात. ज्या लाकडांत किरणरेषा जवळ जवळ असतील तें लाकूड उंची समजतात.

सागाच्या लाकडाचा काप दाखवावा. ह्यापैकीं कोणता भाग प्रथम बनला असावा ?——लाकडाचा मध्यभाग.——ह्या मधल्या भागाभोंवतीं हे भोंवतालचे थर एकामागून एक बनत गेल्यानें काय झालें ?–बाहेरचे थर आंतल्या थरांस जास्त जास्त दाबूं लागले, व त्यामुळें आंतले थर जास्त जास्त घट्ट होऊं लागले. ——एका मुलास चाकूचें किंवा दाभणाचें टोंक लाकडाच्या मध्यभागीं व बाजूस टोंचण्यास सांगून कोणता भाग जास्त कठीण आहे तें विचारावें. शिसू, भेंड, खैर ह्यांच्या जुनाट लाकडांचे काप दाखवावे. त्यांच्या मधल्या भागाच्या रंगाकडे मुलांचें लक्ष लावावें. मधल्या रंगीत भागास काय म्हणतात ?——नार.—— नार व भोंवतालचें लाकूड ह्यांत जास्त कठीण कोण ?——नार.– कोणत्या कामांत नारींव लाकडाचा उपयोग करितात ?

सागाच्या किंवा दुसऱ्या एकाद्या झाडाच्या खांदीचा तुकडा मुलांस दाखवावा, व त्याची साल तासून साल व लाकूड ह्यांच्या मध्यें कांहींसें चिकट पाणी असतें तें दाखवावें. तो झाडाचा रस होय. तोच किरणरेषांतून वाहतो, आणि झाडाची साल व आंतलें लाकूड ह्यांमध्यें सांचतो. हा प्रथम पातळ व मऊ असतो, पण पुढें तो घट्ट व टणक होऊन त्यापासूनच लाकडाचा नवीन थर सालीच्या आंतल्या अंगास बनतो. लाकडाचा कोणता भाग अगदीं नवा समजावयाचा ?–सालीच्या आंतला पहिला थर.–

नारींव लाकडाचा काप दाखवावा. नारांत किरणरेषा चांगल्या दिसत नाहींत. कां ? झाड कोंवळें असतें तेव्हां आंतला गर व किरणरेषा ह्यांमधून झाडाचा रस वाहत असतो. परंतु झाड जून होऊं लागलें म्हणजे त्याच्या खोडांतील बाहेरच्या थरांनीं आंतले थर दबले जाऊन घट्ट होतात, व मग घट्ट झालेल्या थरांतून आणि आंतल्या गरांतून रस वाहण्याचें बहुतेक बंद होतें. नारींव भागाच्या भोंवतालच्या कोंवळ्या—नवीन—भागांतून

मात्र रस वाहत असतो. रस वाहण्याचें काम बंद होत जातें, तसतसा नारींव भाग रंगदार बनत जातो.

एकाच जातीचें लाकूड सरस नीरस कसें होतें ? लाकडाचा सरसनीरसपणा झाडाचा जुनाटपणा व झाडाचा भाग ह्यांवर अवलंबून असतो. प्राण्यांप्रमाणेंच झाडेंही सजीव वस्तु आहेत. तीं कांहीं मुदतपर्यंत वाढत असतात, व एकदां त्यांची पूर्ण वाढ झाली, म्हणजे मग नवीन वाढ बंद होऊन त्यांस म्हातारपण येऊं लागतें, व त्यांचा थोडा थोडा भाग नाश पावूं लागतो. मनुष्यें व जनावरें ह्यांच्या स्थितीकडे मुलांचें लक्ष पोंचवावें, व जुनाट झाडें मुलांनीं पाहिलीं असतील त्यांचें त्यांस स्मरण द्यावें. झाडाची पूर्ण वाढ त्याची जात, जमीन व हवामान ह्यांप्रमाणें लवकर किंवा उशीरां होते. झाडाची पूर्ण वाढ झाली म्हणजे सर्व खोडाचें लाकूड सारखेंच टिकाऊ व सरस बनतें. फक्त सालीच्या आंतले कांहीं नवीन थर मात्र निरुपयोगी असतात. पूर्ण वाढ होण्यापूर्वीं नारींव लाकूड मात्र चांगलें; बाकीचें नीरस समजावें. पूर्ण वाढ होऊन गेलेल्या झाडाचा नार प्रथम बिघडूं लागतो. म्हणून फार जुनाट झाडाच्या नारापेक्षां भोंवतालचें लाकूडच सरस समजावें.

ही लाकडाची ढलपी दिव्यावर धरून किंवा शेगडींत घालून जाळितों. काय होत आहे सांगा.–लाकूड जळत असून त्यांतून थोडा धूर वर जात आहे.–ह्या ढलपीचा अर्धा भाग जळाला. खालीं शिल्लक काय राहिलें ?—कोळसा व राख.—हा कोळसाही आणखी जाळिला तर?–मग नुसती थोडीशी राखच राहील.–बरें, राख आणखी जाळली तर ?–राख जळणार नाहीं.–बरोबर. लाकडांत कांहीं भाग खनिज असतो, तोच राखेच्या रूपानें राहतो. खनिज पदार्थ सामान्यतः जळत नाहींत. लाकडांतला हा खनिज भाग झाडांत कोठून येतो ?–झाडाचीं मुळें जें पाणी शोषून घेतात त्यांत खनिज पदार्थ विरघळलेले असतात.–बरोबर. झाडांच्या मुळांनीं शोषून घेतलेल्या पाण्याचा-

च रस बनतो, तो रस पानांपर्यंत गेल्यावर त्यांत हवेंतला एक पदार्थ पानांच्या द्वारें मिसळतो, व मग त्या रसापासून झाडाचें पोषण होऊन लाकूड तयार होतें, ह्या गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या. मुलांनो, लाकडांत जळणारा व न जळणारा असे दोन भाग असतात, हें तुम्ही पाहिलें. अदाह्य भाग खनिज पदार्थांपासून बनतो, व त्याची राख होते. पानांवाटे रसांत मिळालेल्या पदार्थांपासून लाकडाचा दाह्य भाग—कोळसा वगैरे—बनतो. ह्यासंबधानें जास्त माहिती तुम्हाला पुढें मिळेल.

लाकडाचे अनेक उपयोग मुलांस माहीत असतात. ते विचारावे, व राहतील ते आपण सांगावे.

पाठ दुसरा.

हाड.

पाठाचें साहित्य.—बकऱ्याच्या पायाच्या नळीचें स्वच्छ हाड (रक्त व चरबी हीं साफ धुवून टाकिलेलीं असावीं.); स्वच्छ धुतलेलीं आणखी दोन हाडें; हाडाच्या लांबीचा व त्याच्याच जाडीचा लाकडाचा तुकडा; हातोडा; कांटा व वजनें; मोठें काचपात्र; हायड्रोक्लोरिक आसिड; शेगडी; पाणी; आगकाड्यांची पेटी ; मद्यार्काचा दिवा; हाडाच्या बनविलेल्या कांहीं वस्तु; मिळाल्यास मुलांस दाखविण्याकारितां सरस, जिलेटीन, ओसीन, फास्फरस, तेजाब, हाडाचा कोळसा वगैरे वस्तु.

पूर्व तयारी.—पाठ देण्यापूर्वी सुमारें आठ दिवस एक स्वच्छ हाड मुलांस दाखवावें, व त्याचें वजन करवून तें टिपून ठेववावें. नंतर एक भाग हायड्रोक्लोरिक आसिड व आठ भाग पाणी असें मिश्रण करून त्यांत तें हाड बुडवून ठेवावें. मिश्रण काचेच्या किंवा चिनीमातीच्या भांड्यांत करावें.

पाठ देण्याच्या आदल्या दिवशीं एका हाडाचें मुलांकडून वजन करवावें, व मग तें विस्तवांत घालून पक्कें जळूं द्यावें. पक्कें जळल्यावर तें काढून ठेवावें.

१. गुणधर्म.

लांब हाड मुलांजवळ देऊन त्यांजकडून त्याचें निरीक्षण करवावें. हाड वांकत नाहीं, व आपटलें तर खणखणीत वाजतें, ह्यावरून तें कठीण व कणखर आहे; तें कसेंही दाबलें किंवा ठोकलें तरी मोडत नाहीं, म्हणून तें चिवट आहे; तें गुळगुळीत आहे; व भरदार असल्यामुळें तितक्याच आकाराच्या लाकडाच्या तुकड्यापेक्षां जड आहे; ह्या गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या. हाडांच्या ह्या धर्मामुळें त्यांचा प्राण्यांच्या शरीरांत कसा उपयोग होतो तें मुलांकडून काढून घ्यावें. [पदार्थपाठमाला गुच्छ दुसरा, पाठ एकूणचाळिसावा, चाळिसावा व एकेचाळिसावा पहा.]

२. घटना.

मघां दाखविलेलें व दुसरें आदल्या दिवशीं जाळलेलें हाड मुलांस दाखवावें. जळक्या हाडाचें वजन करवावें. तें आदल्या दिवशींच्या त्याच्या वजनाहून कमी भरेल. कां? —जाळल्यानें त्यांतला कांहीं भाग नाहींसा झाला.—एका मुलास जवळ बोलावून तीं दोन्ही हाडें हातोड्यानें चेंचण्यास सांगावीं. जळकें हाड ठिसूळ असल्यामुळें सहज फुटेल. हें दुसरें हाड कोणत्याही बाबतींत पहिल्या हाडासारखें नाहीं, हें मुलांच्या अनुभवास आणून द्यावें. दुसरें हाड मोडतें, वांकतें व चुरडलें जातें. दुसरें हाड जळकें असल्यामुळें त्याचे धर्म पालटले आहेत, हें मुलांच्या लक्षांत येईल. मुलांनो, हें दुसरें हाड म्हणजे हाड जाळून शिल्लक राहिलेला भाग आहे. हा आतां आणखी जळणार नाहीं. हा हाडांतला खनिज अंश आहे. लाकडाच्या राखेशीं तुलना करावी. हाडांतला जळण्याजोगा सर्व भाग जळून गेला. हा शिल्लक राहिलेला खनिज पदार्थ म्हणजे हाडाचा चुना होय. ह्याला

चुन्याचा फास्फेट म्हणतात. फास्फरस ह्या नांवाचा पदार्थ व चुना ह्यांच्या मिश्रणानें हा पदार्थ बनतो. मुलांस फास्फरस दाखवावा. चुन्याचा फास्फेट हा हाडांतला अदाह्य भाग होय.

हायड्रोक्लोरिक आसिडाच्या मिश्रणांत बुडवून ठेविलेलें हें आणखी एक हाड आहे. हें मिश्रणांतून काढून त्याचें वजन करा. ह्याचें वजन तुम्ही पूर्वी केलें होतें तितकेंच आतांही आहे काय? कां नाहीं?—ह्यांतला कांहीं भाग तें मिश्रणांत बुडवून ठेविल्यानें नाहींसा झाला असावा.—बरोबर. आतां हें हाड वांकवून पहा, गुंडाळून पहा, त्याला दोरीसारखी गांठ मारा. हें किती लिवलिवीत व चिवट झालें आहे! ह्याचा पूर्वीचा कणखरपणा व ताठरपणा कोठें गेला? हें कसें झालें तें पाहूं. ह्या हाडांतील पांढरा व ठिसूळ खनिज भाग आसिडांत विरघळला. आतां हा जो शिल्लक राहिला आहे तो सर्व प्राणिज भाग आहे. हा सरसासारखा पदार्थ आहे. याला ओसीन असें नांव आहे. हा पदार्थ शिजविला म्हणजे त्याचें जिलेटीन बनतें. ओसीन हा हाडांतला दाह्य भाग होय. हा पहा, ह्याचा लहान तुकडा दिव्याच्या ज्योतीवर धरितांच कसा जळूं लागला. मघांच्या जळक्या हाडांतला हा सगळा भाग जळून गेला होता. मुख्य दोन पदार्थ मिळून हाड बनलेलें असतें, असें तुम्हाला आतां समजलें. ते दोन पदार्थ कोणते?—एक ओसीन. हा प्राणिज असून दाह्य आहे. दुसरा चुन्याचा फास्फेट. हा खनिज व अदाह्य आहे.—आसिडांत घातलेल्या हाडाचें वजन पहिल्या वजनाच्या सुमारें तिसरा हिस्सा भरलें होतें, व जळक्या हाडाचें वजन पूर्वीच्या वजनाच्या दोनतृतीयांश भरलें होतें, ह्यावरून हाडांतल्या दाह्य व अदाह्य भागांचें प्रमाण साधारणतः काय असतें?—हाडांत दोन भाग अदाह्य म्हणजे खनिज व एक भाग दाह्य म्हणजे प्राणिज अंश असतो.—

३. उपयोग.

हाड हा अत्यंत उपयोगी पदार्थ आहे. प्राणी जीवंत असतां त्याला हाडांपासून कसकसा उपयोग होतो? प्राणी मेल्यानंतरही

त्याच्या हाडांचा फार उपयोग आहे. कारखान्यांत मुख्यत्वें गुरें, ढोरें, हत्ती, जिराफ, हिपोपोटामस आणि व्हेलमासा यांच्या हाडांचा उपयोग करितात.

सुऱ्या, चाकू, ब्रश, पंखे यांच्या मुठी व फण्या, बटनें वगैरे जिन्नस हाडांचे करितात. हे जिन्नस करण्यापूर्वीं हाडें खूब शिजवून त्यांतील वसामय (चरबीचा) अंश काढून टाकावा लागतो. ह्या वसामय पदार्थांपैकीं उत्तम भाग खाण्याच्या उपयोगीं पडतो, आणि नीरस भागाचा साबण करण्याच्या कारखान्यांत उपयोग होतो.

हाडांपासून उत्तम खत होतें. नुसतीं हाडें लवकर कुजत किंवा विरघळत नाहींत. म्हणून हाडांची राख करून ती—म्हणजे चुन्याचा फास्फेट—शेतांत घालितात. किंवा हाडांची बुकटी करून ती (सल्फ्युरिक आसिडांत) गंधकाम्लांत—गंधकाच्या तेजाबांत-विरवितात, म्हणजे तिचें उत्तम खत बनतें.

हाडें एका विशेष प्रकारच्या बंद भांड्यांत जाळल्यानें त्यांचा कोळसा बनतो. ह्या कोळशाच्या बुकणीच्या थरांतून काकवी गाळिल्यानें तिच्यांतील तांबूस भाग व मळी निघून जाऊन ती शुद्ध होते, व मग तिची पांढरी सफेत साखर बनते. काळ्या बुटांस लावण्याचें रोगण (पालीश किंवा ब्लाकिंग) ह्या कोळशापासूनच होतें. हाडाचा कोळसा औषधी आहे.

बटनें वगैरे करण्याच्या कारखान्यांत हाडांचे तुकडे, ढलप्या, कीस हीं निघतात, त्यांचा व मोठ्या हाडांचाही जिलेटीन नांवाचा एक पदार्थ करितात. प्रथम हाडांचे तुकडे वगैरे हायड्रोक्लोरिक आसिडाचे मिश्रणांत भिजत घालितात. आसिडाचे मिश्रणांत हाडें भिजल्यानें काय होतें ?—त्यांतील खनिज अंश विरघळून जाऊन ओसीन नांवाचा पदार्थ शिल्लक राहतो.—तें ओसीन चुन्याच्या निवळीनें धुवून स्वच्छ करितात व मग शिजवितात, म्हणजे त्याचें जिलेटीन बनतें. जिलेटीन खाण्यास उपयोगीं पडतें. रेशीम व कापड ह्यांस पांजण देण्यास व दुसऱ्या

पुष्कळ कामांतही जिलेटीन उपयोगीं पडतें. सरस हें एक प्रकारचें अशुद्ध जिलेटीनच समजावें.

चाकूच्या मुठी, बटनें इत्यादि वस्तूंखेरीज हाडांचे इतर उपयोग आपल्या इकडील मुलांस अगदीं अपरिचित आहेत. हाडांस आपण अपवित्र मानितों,—तरी हाडांच्या सुबक जिनसा वापरण्यास आपण मागें पुढें पाहत नाहीं,—व हाडांचे कारखाने आपल्या इकडे फारसे नाहींत, यास्तव हाडांच्या संबंधाच्या मुलांच्या समजुती बदलून त्यांस त्यांचा उपयोग चांगला कळेल, असें करावें.

पाठ तिसरा.

हस्तिदंत.

पाठाचें साहित्य.—हस्तिदंती वस्तु, हाडाच्या वस्तु, हत्तीचें चित्र, हिपोपोटामसाचें चित्र, वालरसाचें चित्र व ममथाचें चित्र.

१. गुणधर्म.

फणी, फासे, सोंगटी, चाकूची मूठ यांपैकीं एक दोन हस्तिदंती वस्तु व तसल्याच हाडाच्या वस्तु मुलांस दाखवाव्या. यांतल्या कोणत्या वस्तु हाडाच्या आणि कोणत्या हस्तिदंती ? मुलें ओळखण्यास चुकलीं तर त्यांची चुकी दुरुस्त करावी. ही हस्तिदंती फणी व ही हाडाची फणी अशा जवळ घेऊन नीट पहा. हस्तिदंत व हाड हीं ओळखण्यास त्यांमध्यें काय फरक असतो हें चांगलें समजलें पाहिजे. यास्तव यांत तुम्हाला काय फरक आढळतो तो यांची तुलना करून ठरवा. तुलना करण्याचे कामीं मुलांस योग्य मदत करावी. हाडापेक्षां हस्तिदंताचे कण जास्त घट्ट असतात, हाडापेक्षां हस्तिदंत जड असतो व हाडापेक्षां हस्तिदंत जास्त गुळगुळीत व सफाईदार बनतो, ह्या गोष्टी बारकाईनें पाहिल्यास मुलांचे लक्षांत येतात. ह्याशिवाय हस्तिदंतांत

आणखी एक गोष्ट विशेष असते. हस्तिदंतावर सुंदर व चमत्कारिक रेषा दिसतात त्यांकडे मुलांचें लक्ष लावावें. त्या रेषांचा रंग हस्तिदंताच्या सामान्य भागाहून थोडा निराळा असल्यामुळें त्या सहज दिसतात. हस्तिदंतांतल्या ह्या वक्ररेषा एकमेकींवरूनही गेलेल्या असतात, त्यामुळें त्या फारच सुंदर दिसतात. अशा रेषा हाडावर किंवा दुसऱ्या कोणत्याही प्राणिज पदार्थावर असत नाहींत, म्हणून ही हस्तिदंत ओळखण्याची फार उत्तम खूण आहे.

२. घटना.

मुलांनो, तुम्हाला तुमच्या दांतांविषयीं फारशी माहिती अद्यापि झालेली नाहीं. तथापि तुमचा स्वतांचाच एकादा पडलेला दांत तुम्ही पाहिला असेल. दांत कसा बनलेला असावा असें तुम्हाला वाटतें?—दांत बहुतेक हाडासारखेच असावेत. तरी ते हाडापेक्षां जास्त गुळगुळीत असतात व त्यांच्या कवच्या सुटतात.—बरोबर. आपले काय किंवा जनावरांचे काय, दांत दोन प्रकारच्या द्रव्यांनीं मुख्यत्वें बनलेले असतात. दांतांच्या आंतला भाग बहुतेक हाडासारख्या पदार्थाचाच असतो. त्यांच्यावर पांढरें, कठीण व गुळगुळीत असें कवच असतें. हें कवच एक प्रकारच्या लुकणाचें बनलेलें असतें. ह्याविषयीं जास्त माहिती तुम्हाला पुढें मिळेल. दांतांच्या घटनेची इतकी माहिती तूर्त पुरे. असो. हस्तिदंताची घटनाही अशीच असते. म्हणजे आंतला भाग कांहीं अंशीं हाडासारखाच असतो, व वरच्या बाजूस एक प्रकारच्या लुकणाचा थर असतो. हस्तिदंत म्हणजे काय?—हत्तीचा दांत.—बरोबर. पण बाजारांत जो हस्तिदंत येतो, तो केवळ हत्तीचा दांतच असतो असें नाहीं. तर त्यांत हिपोपोटामस, वालरस वगैरे प्राण्यांचे दांत व सुळे असतात.

तुम्हाला आतांपर्यंत बऱ्याच निरनिराळ्या प्राण्यांची माहिती मिळालेली आहे. प्रत्येक प्राण्याची राहाणी व त्याच्या संवयी यांस अनुसरूनच त्याचे दांत असतात, हें तुम्हाला ठाऊक झालेंच आहे. मांसाहारी प्राण्यांत कोणते दांत मोठे असतात?

कां? उंदराचे दांत कसे असतात? कां? घोडे व गुरें ह्यांचे कोणते दांत महत्त्वाचे? कां? ज्या प्राण्यांच्या दांतांचा व सुळ्यांचा बाजारांत येणाऱ्या हस्तिदंतामध्यें समावेश होतो, त्या प्राण्यांचे दांत व सुळे कसे असतात तें आतां पाहूं.

३. हस्तिदंताचे प्रकार.

१. **हत्तीचे दांत.**–हत्ती हा गवत व झाडपाला खाणारा प्राणी आहे. त्याच्या दाढा फार मोठ्या असतात. कुत्र्याच्या सुळ्यांप्रमाणें त्याला अणकुचीदार लांब दांत नसतात. त्याच्या वरच्या जाभाडांतले पुढचे दोन–तुकडा पाडण्याचे–दांत फार मोठे असतात. ते बाहेर निघून सोंडेच्या दोहों बाजूंस दिसतात. त्यांनाच हत्तीचे सुळे म्हणतात. हत्तीच्या खालच्या जाभाडांत पुढचे दांत नसतात. हत्तीच्या सुळ्यांइतका लांब व मोठा दांत एकाही प्राण्याला नसतो. खालच्या जाभाडांत जोडीचे पुढचे दांत नसल्यामुळें जणूं कांहीं दुप्पट जोरानें हे सुळे वाढलेले असतात. खांद्यांच्या शेवटाकडचा कोंवळा पाला खातां यावा म्हणून हत्ती ह्या सुळ्यांनीं मोठालीं झाडें उपटतो. शत्रूवर चाल करून जाण्याचें व शत्रूपासून संरक्षण करण्याचें सुळे हें हत्तीचें भयंकर शस्त्र आहे.

आशियांतील हत्तींपेक्षां आफ्रिकेंतील हत्ती मोठे असतात. अर्थात त्यांचे सुळेही फार मोठे असतात. मोठ्या सुळ्याचें वजन ७५ पासून ८५ शेरांपर्यंत असतें, व त्याची लांबी १० फूट भरते. हत्ती व हत्तीण या दोघांसही सुळे असतात. हिंदुस्थानांतील हत्तीच्या एका सुळ्याचें वजन ३० पासून ४० शेरांपर्यंत भरतें. सीलोन व सयाम यांतील हत्तींचे सुळे फार सुंदर व मूल्यवान असतात. पण ते लहान असतात. तेथील एका सुळ्याचें वजन सुमारें १२ पासून १५ शेर भरतें. दांतांपेक्षां सुळ्याचा हस्तिदंत चांगला. सुळ्यामध्येंही सर्वत्र सारखा हस्तिदंत नसतो. सुळ्याच्या शेंड्याकडचा हस्तिदंत सर्वांत उत्तम. सुळा बुडाकडे किंचित पोकळ व सच्छिद्र असतो.

जंगलांत हत्तींचे मोठाले कळप असतात. हस्तिदंताकरितां लोक जंगली हत्तींची शिकार करून त्यांस ठार मारितात. इंग्लंड व स्काटलंड ह्या देशांतील कारखान्यांत जो हस्तिदंत जातो, त्याकरितांच निदान २० हजार हत्ती दरसाल मारिले जातात !

हस्तिदंत जितका मोठा तितका जास्त मूल्यवान समजतात. कां ? ज्या सुळ्याचें वजन सुमारें ६० शेर किंवा जास्त असतें, तो हस्तिदंत पहिल्या प्रतीचा समजतात. त्याची किंमत दर मणी ५०० पासून ६०० रुपयेपर्यंत असते.

२. हिपोपोटामसाचे दांत.—हिपोपोटामसाचें चित्र दाखवावें, व त्याच्या सुळ्यांकडे मुलांचें लक्ष पोंचवावें. हे हत्तीच्या सुळ्यांप्रमाणेंच पुढचे दांत आहेत काय ?–नाहींत. ते कुत्र्याच्या सुळ्यांप्रमाणें बाजचे सुळे आहेत.–हे सुळे दोन्ही जाभाडांत असतात हें दाखवावें, व म्हणून ते फार लांब वाढत नाहींत असें सांगावें. हत्तीच्या सुळ्यांपेक्षां हिपोपोटामसाचे सुळे जास्त कठीण व जास्त पांढरे असतात, व त्यांचा रंग पुढें पिवळसर होत नाहीं, म्हणून त्यांचा हस्तिदंत चांगला असें समजतात. ह्याचा उपयोग पूर्वीं मनुष्याचे कृत्रिम दांत करण्याकडे फार होत असे. अलीकडे दुसऱ्या पदार्थांचे कृत्रिम दांत करूं लागल्यामुळें त्या कामीं ह्याचा उपयोग फारसा होत नाहीं.

३. वालरसाचे दांत.—वालरसाचें चित्र दाखवावें. त्या प्राण्याची थोडक्यांत माहिती सांगावी. ह्याला हत्तीच्या सुळ्यांप्रमाणें वरच्या जाभाडांतच सुळे असतात हें दाखवावें. मात्र हे त्याचे पुढचे दांत नव्हेत; तर कुत्र्याच्या सुळ्यांप्रमाणें बाजूचे दांत आहेत. वालरसाच्या सुळ्यांचा हस्तिदंत हलक्या प्रतीचा असतो.

४. ममथाचे दांत.—ममथाचें चित्र दाखवावें. हा प्राणी हल्लीं भूपृष्ठावर सांपडत नाहीं. सायबेरिया व अलास्का ह्या देशांत हा प्राणी पूर्वीं फार असे, व हल्लीं तेथें प्रतिवर्षी खंडोगणती ममथाचे सुळे बर्फांतून खणून काढितात. हा भूमि-

गत हस्तिदंत काढण्याचें काम शेंकडों वर्षें सुरू आहे, तरी अद्यापि ठिकठिकाणीं त्याचे मोठाले ढीग सांपडतात. हा हस्तिदंत उंची नसतो.

४. उपयोग.

शोभा, कठिणपणा रंग, सफाई, टिकाऊपणा, व कापण्यास, कोरण्यास आणि पाहिजे तो आकार देण्यास सुलभ इत्यादि गुणांमुळें हस्तिदंताचा उपयोग लोक प्राचीन काळापासून अनेक कामीं करीत आले आहेत. मुलांस त्यांच्या परिचयांतील हस्तिदंती वस्तु विचाराव्या. बाजाच्या पेटीच्या पडद्यांवरील पट्ट्या, पुस्तकांचीं आच्छादनें (कव्हरें), लिहिण्याकरितां लहान चकत्या (घड्याळजींच्या दुकानांत पाहण्यास सांपडतील.), सोंगट्या, फासे, फण्या, बांगड्या, चाकूच्या मुठी, काठ्यांच्या मुठी इत्यादि अनेक वस्तु हस्तिदंताच्या करितात. जयपूर एथें हस्तिदंताच्या वस्तूंवर मिन्याचें उत्कृष्ट काम करितात.

पाठ चौथा.

उष्णतेचे धातूंवर परिणाम.

पाठाचें साहित्य.—शेगडी किंवा मद्यार्काचा दिवा, चिमटा, लोखंडी गज, लोखंडाच्या दोन वाटोळ्या कड्या, पितळेचा गोळा, गजाची लांबी मोजण्यास वेताची छडी, कांटा व वजनें, लोखंडाचा पत्रा, पाण्याचें भांडें व बर्फ. बर्फ नसल्यास गार पाणी घ्यावें.

१. उपोद्घात.

मुलांनो, हा लोखंडाच्या गजाचा तुकडा चिमट्यांत धरून मद्यार्काच्या दिव्यावर धरितों. काय झालें?—गजाचा तुकडा तापून लाल झाला.—हा टेबलावरील लोखंडी पत्र्यावर ठेवितों. तुम्ही हा उचलूं शकाल काय? कां नाहीं? बरें, हा ह्या भांड्यां-

तील पाण्यांत बुडवितों. एक जण येऊन तो हातानें काढा. तो हाताला कसा लागतो तें पाहून सांगा.–तुकडा थोडासा ऊन लागतो.–मघां इतकाच काय?–नाहीं. मघां त्याला हात लाविला असता तर हात भाजला असता.–बरें, हा तुकडा आतां थोडा वेळ बर्फांत ठेवितों. एक जण येऊन तो उचल व हाताला कसा लागतो सांग.–हा आतां हाताला फार गार लागतो.– **गार लागणें** म्हणजे काय? **गार लागणें** म्हणजे वस्तुतः **कमी ऊन लागणें**, ही गोष्ट मुलांच्या लक्षांत आणून द्यावी. ज्याला आपण एकदां **गार** म्हणतों, त्याच्यापेक्षांही **गार** असा दुसरा पदार्थ आपल्याला आढळतो. अर्थात **गार** म्हणजे कमी ऊन व **थंडी** म्हणजे **कमी उष्णता. थंडी म्हणजे मुळींच उष्णता नाहीं असें नव्हे.** ह्या गोष्टी मुलांस चांगल्या समजल्या पाहिजेत.

२. उष्णतेनें पदार्थांचें प्रसरण.

हा लोखंडी गजाचा तुकडा आहे. ह्याची लांबी मोजा. हा ह्या वाटोळ्या लोखंडी कडींतून आरपार जातो. आतां हा गज मद्यार्काच्या दिव्यावर–किंवा शेगडींत घालून–तापवितों. पहा, हा ह्या कडींत शिरत नाहीं. कां?–तापविल्यानें तो मघांपेक्षां जाडा झाला; फुगला.–बरें, आतां याची लांबी मोजा. किती भरली? असें कां झालें?–गज तापविल्यानें जास्त लांब झाला.–म्हणजे तापविल्यामुळें हा गज लांबीनें तसाच जाडीनेंही वाढला. ह्यावर थंड पाणी ओतितों. आतां पहा.–आतां त्याची लांबी पूर्वी एवढीच झाली आहे, व तो ह्या कडींतून आरपार जातो.–हें कसें झालें?–मघां उष्णतेनें गजाची लांबी व जाडी हीं वाढलीं होतीं, पण गजांतली उष्णता निघून जातांच तो पूर्ववत झाला.–ही लोखंडाची वाटोळी कडी आहे. हींतून हा पितळेचा गोळा सहज निघून जातो. पितळेचा गोळा खूब तापवितों. पहा, गोळा कडींतून निघून जात नाहीं. तो मोठा झाल्यामुळें कडीवरच राहतो. हा कशानें मोठा झाला?–उष्णतेनें.–हा गोळा पाण्यांत बुडवितों. आतां गोळा कडींतून जातो काय पहा.–

होय, आतां तो कडींतून पलीकडे जातो.—हें कसें झालें?—गोळा उष्णतेनें फुगला होता, त्यांतील उष्णता निघून जाण्याबरोबर तो आकुंचित होऊन पहिल्या इतका झाला.—लोखंडाच्या गजासंबंधानें व पितळेच्या गोळ्यासंबंधानें तुम्हाला आतां ज्या गोष्टी समजल्या, त्या सर्व धातूंसही तशाच लागू आहेत. कांकीं बहुतेक सर्व धातूंचे सामान्य धर्म सारखेच असतात हें तुम्हाला ठाऊकच आहे. तर मग धातूंवर उष्णतेनें काय परिणाम होतात असें आतां तुम्हाला समजलें?—उष्णता लागल्यानें धातु फुगतात,—त्यांचा आकार वाढतो,—व ती उष्णता नाहींशी केल्यानें ते आकुंचित होऊन पहिल्यासारखे होतात.—फुगणें याला प्रसरण असा शब्द आहे. उष्णतेनें धातु प्रसरण पावतात, व थंडीनें म्हणजे उष्णता निघून गेल्यानें त्यांचें आकुंचन होतें. मघांचा हा पितळेचा गोळा वजन करा. आतां तो तापवून लाल करितों, व मग त्याचें पुन्हा वजन करा. काय आढळलें?—उष्णतेनें धातूंचें वजन वाढत नाहीं.—मुलांनो, धातूंसंबंधानें तुम्हाला आतां ज्या गोष्टी समजल्या, त्या इतर सर्व घन पदार्थांसही लागू आहेत. म्हणजे ते उष्णतेनें प्रसरण पावतात, व थंडीनें आकुंचन पावतात. पदार्थांचें प्रसरण व आकुंचन झाल्यानें त्यांचें आकारमान मात्र बदलतें, त्यांच्या वजनांत बिलकूल फरक पडत नाहीं. ह्या गोष्टी चांगल्या लक्षांत ठेवा. ह्यांचा आणखी विचार पुढील पाठांत करूं.

पाठ पांचवा.

उष्णतेचे पाण्यावर परिणाम.

पाठाचें साहित्य.—दोन प्रयोगनलिका, पाणी, शेगडी, मद्यार्काचा दिवा, दोन ताटल्या, कांचेच्या नळीसह बूच बसविलेला पांढरा शिसा, लाल शाई व पारा.

प्रथम मागील पाठाची उजळणी करावी. मुलांनो, ही एक प्रकारची काचेची नळी आहे. अशा नळ्यांचा प्रयोग करितांना नेहमीं उपयोग करितात म्हणून हिला प्रयोगाची नळी–प्रयोगनलिका–म्हटलें तरी चालेल. पदार्थांवर प्रयोग करितांना त्यांचें अशा नळींत परीक्षण करितात, म्हणून त्यांना परीक्षानलिकाही म्हणतात. बरें, ह्या प्रयोगनलिकेंत आधणाचें पाणी तोंडोतोंड भरून ती बाजूस ठेवून देतों. हिचा आपल्याला अंमळशानें उपयोग आहे. ही दुसरी प्रयोगनलिका थंड पाण्यानें तोंडोतोंड भरून ती दिव्यावर धरितों. काय होईल तें नीट पाहून सांगा.–पाणी तापून फुगलें व नळीबाहेर वाहूं लागलें.–असें कां झालें ?–उष्णतेनें पाणी फुगलें, म्हणजे प्रसरण पावलें, म्हणून त्याला जास्त जागा लागूं लागली. पण नळींत पुरेशी जागा नसल्यामुळें तें बाहेर वाहूं लागलें.–बरोबर. आतां ही मघां आधणाच्या पाण्यानें भरून ठेविलेली नळी पहा. काय झालें आहे ?—नळींत आधणाचें पाणी तोंडोतोंड भरलें होतें, पण आतां ती तोंडोतोंड भरलेली नाहीं, तींत पाणी कमी झालें आहे.—पाणी कमी झालें आहे म्हणजे काय ? तिच्यांतलें पाणी कोणी ओतून घेतलें काय ?–नाहीं.—मग नळी थोडी रिकामी कशी झाली ?—पाणी निवालें व त्यामुळें तें आकुंचन पावलें. पाण्यांतली उष्णता पहिल्यापेक्षां कमी झाल्यामुळें त्याचें आकारमान पहिल्यापेक्षां कमी झालें.—बरोबर. हा एक पांढरा शिसा आहे. यांत किंचित तांबडी शाई घातलेलें लाल पाणी तोंडोतोंड भरिलें आहे, व त्याला बूच लाविला आहे. बुचास मधोमध भोंक पाडून त्यांत ही काचेची नळी गच्च बसविली आहे. हा बूच मी आणखी थोडा आंत दाबितों. काय झालें ?—बूच दाबितांच पाणी नळींत थोडेंसें चढलें.–ठीक आहे. पाणी नळींत किती चढलें आहे तें पाहून ठेवा. हा शिसा आधणाच्या पाण्यानें भरिलेल्या ताटलींत ठेवितों. काय होईल तें पाहून सांगा.—शिसा ताटलींत ठेविल्यावर प्रथम नळींतील पाणी खालीं उतरलें, पण ला-

गलेंच तें पुन्हा वर चढूं लागलें, व पहिल्यापेक्षां पुष्कळच वर चढलें.——हें मोठें चमत्कारिक दिसतें नाहींका ? पाणी प्रथम नळींत उतरलें कां व मग पुन्हा पुष्कळ चढलें कां ? हें कसें होतें तें पाहूं. शिसा आधणांत ठेविल्याबरोबर प्रथम कोण तापेल ? शिसा कीं आंतील पाणी ?–शिसा.——अर्थात तो–मागील पाठांत सांगितल्याप्रमाणें–प्रथम प्रसरण पावून मोठा होईल. यावेळीं पाण्याचें आकारमान तितकेंच राहून त्यास शिशांत जास्त जागा मिळेल. अर्थात मग काय होईल ?–नळींतलें पाणी खालीं उतरेल.–पण इतक्यांत शिसा तापून आंतलें पाणीही तापूं लागतें, यामुळें मग काय होईल ?——पाणी तापून फुगूं लागेल, व म्हणून तें पुन्हा नळींत चढेल.——पण एथें एक शंका अशी आहे कीं, शिसा व पाणी हीं दोन्हीही तापून प्रसरण पावतात, म्हणून पाणी तापल्यावर तें नळींत पहिल्या इतकेंच चढावें, तें जास्त कां चढतें ? तें जास्त चढतें यावरून आपल्याला कोणती गोष्ट समजते ? शिसा व पाणी ह्या दोहोंचेंही आकारमान सारखेंच वाढलें असतें तर पाणी नळींत पहिल्या इतकेंच चढलेलें आढळतें. पण तसें होत नाहीं. शिसा व पाणी हीं सारखींच प्रसरण पावत नाहींत. उष्णतेनें पाणी घन पदार्थांपेक्षां जास्त प्रसरण पावतें. ह्या गोष्टी मुलांस नीट समजावून द्याव्या. मुलांनो, आतां हा शिसा आधणाच्या पाण्यांतून काढून गार पाण्याच्या ताटलींत ठेवितों. काय होतें तें पाहून सांगा.——प्रथम नळींत पाणी जास्त चढलें, पण मग लागलेंच तें हळू हळू खालीं उतरूं लागलें.—— हें असें कां झालें तें मुलांकडून सकारण सांगवून घ्यावें.

एका भांड्यांत थोडें पाणी घेऊन तें वजन करावें, व नंतर तें तापवून वजन करावें. (पाणी फार वेळ उकळूं देऊं नये.) दोहों वेळचें वजन सारखेंच असतें. पाणी तापविल्यानें त्याचें आकारमान वाढतें खरें, तरी त्याच्या वजनांत फरक होत नाहीं, ही गोष्ट वरील प्रयोगावरून मुलांकडून काढून घ्यावी. एक भांडेंभर थंड पाणी व त्याच भांडेंभर ऊन पाणी ह्यांचें वजन

केल्यास सारखेंच भरेल काय ? पाहूं या काय होतें तें. मुलांकडून प्रत्यक्ष वजन करवावें. ऊन पाण्याचें वजन कमी भरेल. असें कां ? भांडेंभर ऊन पाणी निवून थंड झाल्यावर तें भांडेंभर राहत नाहीं, कमी होतें, हें मुलांस प्रथम दाखविलेलेंच असतें. ऊन पाणी हें आकारमान वाढून भांडेंभर झालेलें असतें, म्हणून त्याचें वजन भांडेंभर थंड पाण्यापेक्षां साहजिकच कमी असतें. ह्या गोष्टी मुलांस नीट समजावून द्याव्या.

प्रयोगनलिकेंत पारा भरून नळी ऊन करावी. पाण्याप्रमाणें पाराही उष्णतेनें प्रसरण पावतो हें दाखवावें. नळी थंड होतांच पारा पहिल्या इतका होतो हें दाखवावें, व उष्णता कमी झाल्यानें पाण्याप्रमाणें पाराही आकुंचन पावतो, हें मुलांस समजावून द्यावें. मुलांच्या परिचयांतील कित्येक उदाहरणांचा उल्लेख करावा, आणि पाणी व पारा ह्यांस लागू असलेल्या सर्व गोष्टी इतर पातळ पदार्थांसही लागू आहेत, हें मुलांच्या लक्षांत आणून द्यावें.

मुलांनो, मागच्या पाठांत धातूंवर व इतर घन पदार्थांवर उष्णतेचे काय परिणाम घडतात तें तुम्हाला समजलें, व ह्या पाठांत पाणी व इतर पातळ पदार्थ ह्यांवर उष्णतेचे काय परिणाम घडतात तें समजलें. दोन्ही पाठांत समजलेल्या गोष्टींविषयीं मुलांकडून थोडक्यांत उत्तरें घ्यावीं.

पाठ सहावा.

आकुंचन आणि प्रसरण.

पाठाचें साहित्य.—लोखंडाचा तुकडा, चाकू, ओली माती, खडू, बर्फ, लोणी, मेण, थिजलेलें खोबरेल, मद्यार्काचा दिवा, पळी, पाणी व कापूर.

१. उपोद्घात.

मागील दोन पाठांची थोडक्यांत उजळणी करावी, व घन आणि पातळ पदार्थांवर उष्णतेचे काय परिणाम घडतात

तें काढून घ्यावें. मागील दोन पाठांत केलेल्या प्रयोगांची माहिती मुलांकडून सांगवून घ्यावी, व त्यांत आढळलेल्या गोष्टींचीं कारणें विचारावीं. विशेषतः मागील पाठांतील शिशाचे दोन्ही प्रयोग मुलांस नीट समजले आहेत कीं नाहींत तें पहावें. मुलांनो, उष्णतेनें पदार्थांचें प्रसरण होतें, व त्यांतून उष्णता निघून जातांच त्यांचें आकुंचन होतें, हें आपल्याला मागील दोन पाठांत समजलें. ह्या पाठांत त्या गोष्टी कां घडतात तें पहावयाचें आहे.

२. उष्णतेनें स्नेहाकर्षणाचा भंग होतो.

स्नेहाकर्षण हा शब्द कठीण आहे, व मुलांस अद्याप पदार्थांच्या परमाणूंविषयीं माहिती दिलेली नाहीं, म्हणून ह्या पाठांत ते दोन्ही शब्द मुद्दाम योजिलेले नाहींत. मुलांनो, हा लोखंडाचा तुकडा पहा. हा फार कठीण आहे. हा असा नखानें खरवडेल काय ? बरें, चाकूनें तासेल काय ? तथापि लोहार ह्याला भट्टींत घालून तापवितो, तेव्हां तो इतका नरम व लवचीक होतो, कीं त्याचा सहज तुकडा पाडितां येतो, त्यास ठोकून वाढवितां येतें, त्यास भोंक पाडितां येतें, व त्यास पाहिजे तो आकार देतां येतो, ह्या गोष्टी तुम्हाला पूर्वीं दिलेल्या पाठांत ठाऊक झाल्या आहेत. हें त्याला कसें करितां येतें ? हा ओल्या मातीचा गोळा आहे. हा मातीचे कण मिळून झालेला आहे. गोळ्यांतली पाहिजे तेवढी माती आपण हातांनीं सहज निराळी करितों. पण ह्या खडूच्या गोळ्यांतला खडू तसा सहज निराळा करितां येईल काय ? मातीच्या कणांपेक्षां खडूचे कण एकमेकांस घट्ट चिकटलेले असल्यामुळें आपल्यास थोडक्या जोरानें त्यांस निराळें करितां येत नाहीं. सर्व पदार्थांचे कण एकमेकांस घट्ट ओढून धरितात. लोखंडाच्या कणांमध्यें हा ओढा जास्त असल्यामुळें तें फार कठीण असतें. तथापि तें तापविलें, म्हणजे उष्णतेनें तो ओढा कमी होतो, व मग त्याला हवें तसें वांकवितां आणि वळवितां येतें. लोखंडाप्रमाणेंच इतर धातु व दुसरे घन

पदार्थ यांची गोष्ट आहे. पदार्थांच्या कणांमधील परस्परांस चिकटून राहण्याचा धर्म उष्णतेनें कमी होतो, व ते सुटे झाल्यामुळेंच त्यांचें आकारमान वाढतें. त्यालाच आपण पदार्थांचें प्रसरण म्हणतों.

धातु उष्णतेनें प्रसरण पावतात. त्यांस आणखी उष्णता लाविली तर काय होतें?—ते वितळतात.—धातु वितळतो म्हणजे काय होतें?—धातु आपली घनावस्था सोडून पातळ पदार्थ बनतो.—बरोबर. प्रसरण पावलेल्या धातूच्या कणांमधील ओढा उष्णतेनें आणखी कमी झाला म्हणजे ते आणखी सुटे होतात, ह्याचेंच नांव वितळणें. बर्फ, लोणी, मेण, थिजलेलें खोबरेल, इत्यादि पदार्थ प्रत्यक्ष वितळवून वरील गोष्टी मुलांस नीट समजावून द्याव्या.

घन पदार्थांपेक्षां पातळ पदार्थ उष्णतेनें जास्त प्रसरण पावतात, हें मागील पाठांत मुलांस दाखविलेलें असतें, त्याचें त्यांस स्मरण द्यावें. हें असें कां होतें? पातळ पदार्थांच्या कणांत परस्पर ओढा मूळचाच फार कमी असतो, व उष्णतेनें तो आणखी कमी होतो. ह्यामुळें पातळ पदार्थांचे कण फार सुटे होऊन त्यांचें जास्त प्रसरण होतें. पाणी वगैरे फार तापविलें तर काय होतें?—तें उकळूं लागून त्याची वाफ बनते.—वाफ लागलीच हवेंत पसरून जाते असें आपण पाहतों. (वाफ अदृश्य आहे. आपल्याला दिसते ती वस्तुतः थिजलेली वाफ होय.) ह्यावरून कोणती गोष्ट तुमच्या लक्षांत येते?—वाफेच्या कणांमध्यें परस्परांस चिकटून राहण्याचा गुण मुळींच नसावा.—बरोबर. पदार्थांना जीं वेगवेगळीं रूपें येतात तीं त्यांच्यामधील उष्णतेच्या कमजास्तपणानें येतात. पदार्थांत उष्णता जशी कमी जास्ती असेल, त्याप्रमाणें त्यांच्या कणांत परस्परांस ओढण्याचा गुण जास्ती कमी असतो. बर्फ घन असतें. त्यांत उष्णता अगदींच कमी असते. बर्फास जास्त उष्णता लाविली कीं त्याचें पाणी होतें. पाण्यास आणखी उष्णता लाविली कीं त्याची वाफ बनते.

मुलांस ह्या गोष्टी प्रत्यक्ष दाखवून नीट समजावून द्याव्या. मुलांनो, सर्वच पदार्थ असे क्रमानें तीन स्थितींत जातात असें नाहीं. हा कापराचा खडा पळींत घालून दिव्यावर धरितों. काय झालें?–कापराची एकदम वाफ होऊन वर जाऊं लागली.–उष्णतेनें पदार्थांवर काय परिणाम घडतात व ते कां घडतात ह्याविषयीं मुलांकडून योग्य उत्तरें घ्यावीं, व आकुंचन आणि प्रसरण म्हणजे काय तें विचारून घ्यावें.

३. आकुंचन व प्रसरण ह्यांचा व्यवहारांत उपयोग.

मुलांनो, उष्णतेचे पदार्थांवर जे परिणाम घडतात, त्यांचा कारागीर लोक व्यवहारांत अनेक प्रकारें उपयोग करून घेतात. गाडीच्या चाकांस लोखंडी धाव कशी बसवितात, व त्या कामीं उष्णतेनें होणाऱ्या धावेच्या प्रसरणाचा व आकुंचनाचा कसा उपयोग करून घेतात, तें मुलांस नीट समजावून द्यावें. धाव बसविण्याचा प्रकार हा पाठ देण्यापूर्वीं मुलांस दाखविणें फार चांगलें. आगगाडीच्या रस्त्यावरील रुळांचीं टोकें पाठ देण्यापूर्वीं दाखवून ठेवावीं. तीं एकमेकांस लावून ठेवलेलीं असतात काय? कां नाहीं? रूळ उन्हानें व चाकांच्या घासण्यानें तापतात हें मुलांच्या लक्षांत आणून द्यावें. मुलांनो, उष्णतेच्या परिणामांचा व्यवहारांत आणखी अनेक कामांत उपयोग होत असतो. तुम्ही ही गोष्ट लक्षांत ठेवून शोधकपणानें पाहिल्यास तुम्हाला आणखी कितीतरी गोष्टी समजतील. शिवाय तुम्हाला पुढें जे पाठ देण्यांत येतील त्यांतही त्या गोष्टींचा अनेक वेळां संबंध येणार आहे, म्हणून आज आणखी उदाहरणें देण्याची आवश्यकता नाहीं.

पाठ सातवा.

बर्फ.

पाठाचें साहित्य.—तीन फुलपात्रें, पाणी, बर्फ, शेगडी, तीन ताटल्या, तीन भांडीं, उष्णतामापक, मद्यार्काचा दिवा,

तांबडी शाई, बुचांत नळी बसविलेली कुपी, मीठ व कापूस.

१. उपोद्घात.

मुलांनो, मागील तीन पाठांत तुम्हाला ज्या गोष्टी समजल्या, त्या तुमच्या लक्षांत असतीलच. पदार्थ उष्णतेनें प्रसरण पावतात, व उष्णता कमी झाली म्हणजे त्यांचें आकुंचन होतें, ह्या गोष्टी तुम्हाला ठाऊकच आहेत. उष्णता जसजशी वाढवावी, तसतसा पदार्थ क्रमानें अधिकाधिक प्रसरण पावत असावा, व उष्णता जसजशी कमी होत जाईल तसतसें त्याचें उत्तरोत्तर आकुंचन होत असावें, असें साहजिकच आपल्याला वाटतें. आतां हा नियम खरा आहे कीं नाहीं तें प्रयोग करून ठरवूं.

२. उष्णतामापक.

उष्णता कमी होत चालली किंवा जास्त होत चालली हें समजण्याला उष्णता मोजण्याचें कांहीं तरी साधन पाहिजे. आपल्या हातांना तें बरोबर समजत नाहीं, हें एका भांड्यांत बर्फाचें पाणी व दोन भांड्यांत साधें पाणी घेऊन अनुभवास आणून द्यावें. प्रथम उजवा हात बर्फाच्या पाण्यांत बुडविण्यास सांगून मग तोच हात साध्या पाण्यांत बुडविण्यास सांगावा. दोन्ही वेळीं डावा हात साध्या पाण्यांतच बुडविण्यास सांगावें. दुसऱ्या वेळीं दोन्ही हात एकाच प्रकारच्या पाण्यांत बुडविले असतां त्यांना निरनिराळी उष्णता भासते, हें मुलांस दाखवावें. उष्णता मोजण्यासाठीं एक यंत्र केलेलें असतें. त्याला उष्णतामापक यंत्र म्हणतात. हें उष्णतामापक यंत्र पहा. हें कसें करितात वगैरे गोष्टी व ह्या यंत्राची जास्त माहिती तुम्हाला वरच्या इयत्तेंत मिळेल. ह्यानें उष्णता कशी मोजतात तें मात्र तुम्हाला आतां दाखवितों.

उष्णतामापकाच्या नळीच्या बुडाशीं असलेल्या ह्या गोळ्यांत पारा आहे. नळीचा वरील भाग पोकळ आहे. त्यांत कांहीं नाहीं. गोळ्याला उष्णता लाविली तर काय होईल ?—आंतील पारा प्रसरण पावेल.—बरोबर. तो प्रसरण पावला म्हणजे नळींत वर चढतो. गोळ्याला थंडी लाविली—त्यांतील उष्णता निघून

गेली—तर काय होईल ?—त्यांतील पाऱ्याचें आकुंचन होऊन तो खालीं उतरेल.—नळींत पारा जास्त कमी चढेल त्या मानानें उष्णता जास्ती किंवा कमी आहे असें समजावयाचें. उष्णता अमुक आहे असें सांगण्याकरितां उष्णतामापकाच्या नळीवर अंशांचे आंकडे घातलेले असतात. हे आंकडे पहा. ही नळी माझ्या हातांत असल्यामुळें हातांची उष्णता लागून पारा नळींत चढला आहे. तो किती अंशांवर आहे, पाहून सांगा. हें ऊन पाणी किती अंश उष्ण आहे, पाहून सांगा. उष्णतामापकाचा उपयोग कसा करितात तें तुम्हाला समजलें. उष्णतामापकाची इतकी माहिती तूर्त पुरे.

३. पाणी कसें थिजतें.

मागील एका (पांचव्या) पाठांत तुम्हाला शिशाचा प्रयोग दाखविला होता. तशाच प्रकारची पण लहान अशी ही कुपी आहे. हींत तांबडें पाणी भरलें आहे. ही कुपी ऊन पाण्याच्या भांड्यांत ठेवितों. पहा, कुपीच्या बुचावरील नळींत पाणी हळू हळू चढूं लागलें. आतां नळींत पाणी आणखी वर चढत नाहीं. भोंवतालच्या पाण्याची किती उष्णता आहे तें उष्णतामापकानें पहा.—७० अंश उष्णता आहे.—कुपींतल्या पाण्याची उष्णता पहा.—तीही ७० अंशच आहे.—पाण्याच्या भांड्याखालीं मद्यार्काचा दिवा धरितों. काय होऊं लागलें ?—भांड्यांतील पाण्याची उष्णता आणखी वाढूं लागली, व त्याबरोबर कुपीच्या बुचावरील नळींतही पाणी उंच चढूं लागलें.—बरोबर. उष्णता जसजशी वाढूं लागली तसतसें पाण्याचें अधिकाधिक प्रसरण क्रमानें होऊं लागलें, असें आपल्याला ह्या प्रयोगावरून दिसून आलें. असाच प्रकार पुढेंही शेवटपर्यंत घडतो कीं काय तें आज आपल्याला पाहावयाचें नाहीं. उष्णता उत्तरोत्तर कमी कमी करीत गेल्यास पाण्याचें काय होतें तेवढेंच आपल्याला आज पाहाणें आहे.

आपली कुपी ऊन पाण्यांतून काढून ती थंड पाण्याच्या भांड्यांत ठेवितों. आतां काय घडूं लागलें तें पहा.—कुपीच्या बुचा-

वरील नळींतलें पाणी खालीं उतरूं लागलें. नळींतलें पाणी आतां आणखी खालीं उतरत नाहीं. भांड्यांतल्या व कुपींतल्या पाण्यांत उष्णतामापक बुडवून दोहोंचें उष्णतामान सारखेंच झालें आहे हें प्रत्यक्ष दाखवावें. आतां भांड्यांतल्या पाण्यांत थोडें थोडें वर्फ घालितों. उष्णतामापक पाण्यांत बुडवून ठेवा, व त्याच्या उष्णतेंत कसा फरक पडतो तें पहा.–पाण्याची उष्णता एकेक अंश कमी कमी होत चालली, व त्याबरोबर कुपीवरच्या नळींत पाणी खालीं खालीं उतरूं लागलें.–३९ किंवा ४० अंशांपर्यंत असाच क्रम चालेल. पण मग भांड्यांतील व अर्थात कुपींतीलही पाण्याची उष्णता कमी कमी होत चालली असतांही, कुपीवरच्या नळींत पाणी खालीं उतरण्याचें बंद पडून उलट तें वर वर चढूं लागेल. मुलांस हा चमत्कार दाखवावा. भांड्यांतील पाण्यांत थोडें थोडें वर्फ टाकण्याचा क्रम सुरूच ठेवावा. नळींतील पाणी हळू हळू वर चढतच राहील. असें कां होऊं लागलें ?–पाणी ३९, ४० अंश पर्यंत थंड झाल्यावर तें पुन्हा प्रसरण पावूं लागलें.–आतां पाण्याची उष्णता किती आहे ?– ३२अंश.-वर्फाची उष्णता किती आहे पहा.३२-अंश.-अर्थात ह्यापेक्षां कमी उष्णता वर्फानें व्हावयाची नाहीं. वर्फ व मीठ हीं जर एकत्र केलीं तर तें मिश्रण वर्फापेक्षांही जास्त थंड होतें. म्हणून ह्या दुसऱ्या भांड्यांत वर्फाचा चूर व मीठ एकत्र करून त्यांत ही कुपी ठेवितों. आतां काय होईल तें पहा.–कुपीवरील नळींत पाणी आणखी वर चढूं लागलें.–(ह्या प्रयोगांत कुपींतील पाण्याचें वर्फ बनतांना कुपी बहुतकरून फुटते. ह्यासाठीं ह्यावेळीं कुपीपासून मुलांस दूर बसवावें. कांकीं कुपीचे तुकडे उडाल्यास ते मुलांस लागून अपघात होण्याचा संभव असतो.) कुपींतल्या पाण्याचें वर्फ बनलेलें मुलांस दाखवावें.

४. पाण्याचा विशेष धर्म.

पदार्थ जेव्हां आकुंचन पावतो तेव्हां त्याचे कण जास्त जवळ जवळ येतात, म्हणून तो जास्त घट्ट व अर्थात (तितक्याच आ-

काराच्या साध्या पदार्थांपेक्षां) जास्त जड असतो. जेव्हां तो प्रसरण पावतो तेव्हां त्याचे कण दूर दूर होतात, म्हणून तो विरळ व (तितक्याच आकाराच्या साध्या पदार्थांपेक्षां) हलका असतो. पिंजलेल्या कापसावरून ह्या गोष्टी मुलांस नीट समजावून द्याव्या. मुलांनो, पाणी गोठतें तेव्हां त्याची उष्णता किती असते ?--३२अंश.- अर्थात पाणी ३२अंशांवर फार जड व घट्ट असावें असें वाटतें. पण खरी गोष्ट तशी आहे काय ?—नाहीं.—पाणी किती अंशांवर जास्त आकुंचन पावतें ?—४०अंशांचे सुमारास.—आणि मग ?—मग तें पुन्हा प्रसरण पावूं लागतें, व ३२अंशांवर तें पूर्ण प्रसरण पावून त्याचें बर्फ बनतें.—पाणी जड कीं बर्फ जड ?—पाणी.—कशावरून ?—तें पाण्यावर तरंगतें.—कुपीभर पाण्याचें बर्फ कुपीपेक्षां जास्त होतें म्हणून कुपी फुटते, हें मुलांच्या लक्षांत आणून द्यावें. पाणी फार जड असतें तेव्हां त्याची उष्णता किती असते ?— सुमारें ४० अंश.—मुलांनो, पदार्थाला जसजशी अधिक उष्णता लावांवी तस्तसा तो प्रसरण पावतो, व उष्णता कमी करावी तसतसा तो आकुंचन पावतो, हा नियम पाण्यालाही लागू आहे काय ? कसा ? पाण्यामध्यें ह्यासंबंधानें कोणता विशेष धर्म आहे ? पाण्याच्या ह्या धर्माचा थंड प्रदेशांत अत्यंत उपयोग आहे. हा धर्म पाण्यामध्यें नसता तर थंड प्रदेशांत प्राण्यांचें जगणें बहुतेक कठीण झालें असतें. तें कसें, व पाण्याच्या ह्या धर्माचा उपयोग कसा होतो, ह्या गोष्टी तुम्हाला वरच्या इयत्तेंत समजतील. त्या समजण्यास कठीण असल्यामुळें आज सांगत नाहीं. पाण्याचें बर्फ कसकसें बनतें, ह्यासंबंधाची आज सांगितलेली माहिती नीट लक्षांत ठेवा. जेथें पाण्याचें बर्फ होण्याइतकी थंडी पडते, तेथें पाण्याचीं भांडीं भरून ठेविलीं तर चालेल काय ? कां नाहीं ?

आपल्या इकडे बर्फाचा उपयोग व्यवहारांत कोठें व कसा होतो तें विचारावें अगर आपण सांगावें.

पाठ आठवा.

पानांचे आकार.

पाठाचें साहित्य.—ताड, माड, कड्डलिंब, सुरती एरंड, नेचे व आणखी कित्येक झाडांचीं पानें; ताड, माड, कड्डलिंब, सुरती एरंड व नेचे यांच्या पानांचीं चित्रें; ताड, माड यांच्या पानांच्या जाड कागदाच्या कातरून तयार केलेल्या आकृति; कोरणीं, लाकडाच्या फळ्या, चिकणमाती, व रंग.

१. पाठाचा उद्देश व स्वरूप.

पानांच्या आकाराविषयीं मुलांस तिसऱ्या इयत्तेंत पाठ दिलेले असतात. (पदार्थपाठमाला गुच्छ दुसरा, पाठ नववा पहा.) ह्या इयत्तेंत विशेषतः ताड, माड, नेचे, कड्डलिंब, सुरती एरंड ह्यांच्या पानांविषयीं पाठ द्यावे असें वस्तुपाठव्यवस्थेंत सुचविलें आहे. पानांच्या आकाराविषयींच्या पाठांचे तीन प्रकार होतात. १. पानांच्या आकाराविषयीं सामान्य माहिती देणें; २. पानांचीं साधीं चित्रें किंवा रेखाकृति काढविणें; व ३. पानांच्या प्रतिमा करविणें. ह्या तिन्ही प्रकारांचा एथें एकाच पाठांत उल्लेख केला आहे, तरी प्रत्येक प्रकाराविषयीं शिक्षण देतांना शिक्षकांनीं आवश्यकतेप्रमाणें त्यांचे अनेक पाठ करावे.

२. पानांचे आकार.

पानांच्या आकाराविषयींच्या पहिल्या पाठांत आरंभीं, पदार्थपाठमाला गुच्छ दुसरा, पाठ नववा यांतील विषयाची उजळणी करावी, व पान व दळ ह्यांतील भेद, आणि साधें व संयुक्त पान ह्यांविषयीं त्या पाठांत शिकविलेल्या गोष्टी, ह्यांचें त्यांस स्मरण द्यावें. हा पाठ दिल्यानंतर मुलांस फिरावयास नेऊन ताड, माड, नेचे, कड्डलिंब, सुरती एरंड ह्यांचीं झाडें दाखवावीं, व त्यांचीं पानें झाडावर कशीं असतात, तें पाहण्याकडे मुलांचें लक्ष लावावें. पुढें तिसऱ्या खेपेस वर लिहिलेलीं पानें प्रत्यक्ष दा-

खवावीं. ताड, माड, यांचीं पानें (झावळ्या किंवा सावळ्या) प्रत्यक्ष आणण्यास अडचण असल्यास त्यांचीं चांगलीं रंगीत चित्रें अगर फळ्यावरील आकृति दाखवाव्या. त्यांपैकीं ताड, माड व सुरती एरंड ह्यांचीं पानें साधीं असून कड्डलिंब व नेंचे ह्यांचीं पानें संयुक्त आहेत हें मुलांकडून काढून घ्यावें. कड्डलिंब व नेंचे ह्यांचीं दळें दाखवून घ्यावीं. ताड, माड, एरंड यांच्या पानांस पुष्कळ टोंकें असतात, तथापि तीं साधीं पानेंच आहेत, हें मुलांकडून सकारण ठरवावें. पदार्थपाठमाला गुच्छ दुसरा, पाठ नववा ह्यांत आकारावरून पानांचे प्रकार केले आहेत. त्यांप्रमाणें वरील पानांचें वर्गीकरण करवावें. नंतर सर्व पानांच्या व त्यांच्या दळांच्या कडा व टोंकें ह्यांकडे मुलांचें लक्ष्य लाववून त्यांजकडून त्यांचें वर्णन करवावें. पानांविषयीं मुलांस इतकी माहिती झाली म्हणजे एथें पुरे.

३. पानांचीं साधीं चित्रें.

कडूलिंब व नेंचे ह्यांचीं दळें, एरंडाचें पान, कड्डलिंब व नेंचे ह्यांचीं सबंध पानें, ताडाचें पान व माडाचें पान असा पानांच्या चित्रांविषयींच्या पाठांचा अनुक्रम असावा. पान किंवा दळ पाटीवर, फळ्यावर अगर कागदावर ठेवून व त्याच्या भोंवतीं रेखाटून चित्र काढणें, पानाचें किंवा दळाचें मोठें चित्र पुढें ठेवून व तें पाहून चित्र काढणें, आणि प्रत्यक्ष पान किंवा दळ पुढें ठेवून चित्र काढणें, अशा तीन प्रकारांनीं मुलांस चित्रें काढण्यास शिकवावें. चित्रें काढण्याच्या प्रकारांचा अनुक्रमही वर सांगितल्याप्रमाणेंच असावा. ताड, माड यांचीं प्रत्यक्ष पानें कागदावर किंवा फळ्यावर ठेवून व त्यांभोंवतीं रेखाटून चित्र काढणें तीं पानें फार मोठीं असल्यामुळें सोईचें नाहीं. म्हणून ताड, माड यांच्या प्रत्यक्ष पानांऐवजीं जाड कागदाचीं कातरून तयार केलेलीं पानें घेणें चांगलें. पानांचीं चित्रें काढून झाल्यावर शक्य असल्यास तीं रंगवावीं.

४. पानांच्या प्रतिमा.

चिकणमाती (किंवा शाडू) भिजवून व मळून तयार करावी. ज्या पानाची प्रतिमा करावयाची असेल त्याच्या बेताची चौकोनी चापट वडी तयार करून व तिजवर पान सारखें बसवून दाबावें. नंतर लाकडी सुरीनें किंवा कोरण्यानें पानाच्या भोंवतालची माती काढावी व पान उचलावें. म्हणजे पानाचा उत्तम ठसा चिकणमातीच्या वडीवर उमटतो. ताड, माड ह्यांच्या पानांच्या प्रतिमा अर्थातच ह्या युक्तीनें करितां येणार नाहींत. ताड, माड यांच्या पानांच्या लहान आकृति जाड कागदांवर काढून व त्या कातरून तयार कराव्या. ह्या आकृति चिकणमातीच्या चापट वड्यांवर दाबिल्यानें पानांचा आकार कोरितां येईल, पण आंतील शिरा वगैरे उमटणार नाहींत. त्या कोरण्यानें हातींच कोराव्या लागतील. हें काम चौथ्या इयत्तेंतील मुलांस जड जाईल. सबब ताड, माड यांच्या पानांच्या प्रतिमांत शिरा वगैरे दाखवूं नये, अगर ह्या प्रतिमाच करवूं नये, हें बरें.

पाठ नववा.

फुलांच्या पांकळ्यांचे आकार.

पाठाचें साहित्य.—पांढरा चांफा, सोनचांफा, सूर्यफूल, कमळ, मोगर, जाई, धोतरा, अगस्ता व डाळिंब ह्यांचीं पूर्ण फुललेलीं फुलें; लाकडाच्या फळ्या, ओली चिकणमाती, कोरणीं, रंग; व चांगला चाकू.

१. पाठाचा उद्देश व स्वरूप.

पाठाच्या साहित्यांत नांवें लिहिलेल्या फुलांच्या पांकळ्यांचे आकार मुलांच्या नीट लक्षांत यावे हें ह्या पाठाचें मुख्य धोरण आहे. पांकळ्यांच्या आकाराविषयींच्या पाठांचे तीन प्रकार होतात. १. पांकळ्यांच्या आकाराविषयीं माहिती देणें; २. पांकळ्यांचीं चित्रें काढविणें; व ३. पांकळ्यांच्या प्रतिमा करविणें.

ह्या तिन्ही प्रकारांचा एथें एकाच पाठांत उल्लेख केला आहे; तरी ह्या प्रत्येक प्रकाराविषयीं शिक्षण देतांना शिक्षकांनीं आवश्यकतेप्रमाणें त्यांचे अनेक पाठ करावे.

२. पांकळ्यांचे आकार.

मुलांस एका जातीचीं फुलें द्यावीं. त्यांची एकेक पांकळी सुटी करण्यास सांगावें. पांकळीचा आकार कसा आहे तें प्रश्नरूपानें काढून घ्यावें. वर्तुळ, दीर्घवर्तुळ, त्रिकोणी, लांबट व टोंकाकडे निमुळता, यांपैकीं साधारणतः कोणत्या प्रकारचा पांकळीचा आकार आहे, तें मुलांनीं सांगितलें म्हणजे पुरे. ह्याप्रमाणें सर्व फुलांच्या पांकळ्यांच्या आकाराविषयीं मुलांस माहिती करून द्यावी. कांहीं फुलांच्या पांकळ्यांचा आकार चमत्कारिक असतो. उदाहरणार्थ—अगस्ता. अशा पांकळ्यांच्या आकाराचें वर्णन करवून घ्यावें. कांहीं फुलांच्या सर्व पांकळ्या एकमेकींस चिकटलेल्या असतात. उदाहरणार्थ—धोतरा. अशा फुलाची पांकळी कोणती हें एकेक पांकळी सुटी करवून दाखवावें.

३. पांकळ्यांचीं साधीं चित्रें.

मागील पाठांत पानांच्या चित्रांविषयीं जें लिहिलें आहे तें सर्व पांकळ्यांच्या चित्रांसही लागू आहे असें समजावें. पांकळ्यांचीं चित्रें काढिल्यावर तीं रंगानें किंवा रंगीत पेनसिलीनें रंगवावीं.

४. पांकळ्यांच्या प्रतिमा.

मागील पाठांत पानांच्या प्रतिमांविषयीं जें लिहिलें आहे तें सर्व पांकळ्यांच्या चित्रांसही लागू आहे असें समजावें. धोतरा, अगस्ता ह्यांच्या पांकळ्यांच्या प्रतिमा करणें बरेंच अवघड आहे, म्हणून त्या ह्या इयत्तेंत न करविल्या तरी चालेल.

पाठ दहावा.

प्राण्यांचे रंग.

पाठाचें साहित्य.—सुरवंट असलेल्या झाडांच्या खांद्या, कीटक असलेल्या झाडांच्या साली, अळया पडलेले तांदूळ;

उंट, पांढरें अस्वल, काळें अस्वल, वाघ, सिंह, मांजर, कुत्रा, लांडगा, पोपट, उंदीर, घूस, हरिण, घुबड, पाकोळी, लांडगा ह्यांचीं रंगीत चित्रें; अंगाभोंवतीं काड्यांचें घर करणारा कीटक.

मुलांनो, माझ्या हातांत ही एक खांदी आहे. हिच्या पानां-संबंधानें तुमच्या कांहीं लक्षांत येतें काय?—होय. पानांस भोंकें भोंकें दिसत आहेत?—पानांस हीं अशीं वेडीं वांकडीं कातरल्या-सारखीं भोंकें कोणीं पाडिलीं असावीं?—सुरवंटांनीं पानें खाल्ल्या-मुळें त्यांस भोंकें पडलीं असावीं.—तुम्हाला ह्या खांदीवर सुरवंट दिसतात काय पहा.—दिसत नाहींत.—आतां जवळ येऊन नि-रखून पहा. तुम्हाला प्रथम सुरवंट कां दिसले नाहींत?—सुरवंट हिरवे आणि पानेंही हिरवींच; यामुळें आम्हाला ते प्रथम दिसले नाहींत.—तांदुळांत अळया होतात, त्यांचा रंग कसा असतो?—पांढरा.—आणि तांदुळांचा रंग?—पांढराच.—तांबूस, भुरकट अशा पानांवरील सुरवंट पानांसह मुलांस दाखवावे. तसेंच झा-डांच्या सालींवर कीटक असतात. ते सालींसह मुलांस दाखवावे, आणि ह्या सर्व गोष्टींवरून कीटक व ते बहुधा जेथें राहतात तें ह्यां-चा रंग अगदीं एकसारखा असतो हें मुलांच्या लक्षांत आणून द्यावें.

उंटाचें चित्र दाखवावें. उंटाचा रंग विचारावा. उंटाचें मू-लस्थान कोणतें?—अरबस्तान, आफ्रिका वगैरे.—अरबस्तानांत व आफ्रिकेंत वाळुकामय अरण्यांतून उंटास फिरावयाचें असतें. ते-थील वाळूच्या रंगाप्रमाणेंच उंटाचा रंगही पिंगट आहे, हें मु-लांच्या लक्षांत आणून द्यावें. हीं चित्रें कोणाचीं?—एक काळ्या अस्वलाचें व दुसरें पांढऱ्या अस्वलाचें.—पांढरीं अस्वलें आपल्या इकडे असतात काय? तीं कोठें असतात?—उत्तरध्रुवाकडे.—उत्तरध्रुवाकडे थंडी फार. तेथें नेहमीं पांढरें स्वच्छ बर्फ पसरलेलें असतें. म्हणून तेथील अस्वलांचा रंगही पांढरा असतो, हा सं-बंध मुलांच्या लक्षांत आणून द्यावा. उंदरांचा रंग कसा असतो?—काळा.—आणि घुशींचा?—काळाच.—पाकोळयांचा रंग?—काळा.—उंदीर व घुशी जमिनींत बिळें करून राहतात. जमिनीचा रंग

काळसर असतो. उंदीर व घुशी खाणें शोधण्यास बहुधा रात्रीं काळोखांतच हिंडत असतात. पाकोळ्याही रात्रीस काळोखांतच हिंडतात. ह्या गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या. घुबडाची भक्ष्य शोधण्यास बाहेर पडण्याची वेळ कोणती ?—संध्याकाळीं अंधुक प्रकाश असतो ती.—घुबडाचा रंग कसा असतो ?—भुरकट काळसर.—पोपटाचा रंग ?—हिरवा.—पोपट मुख्यत्वें कोठें राहतात व हिंडतात ?—झाडांवर.—झाडांच्या पानांचा रंग कसा असतो ? —मुख्यत्वें हिरवा.—ह्यावरून सुरवंट, अळ्या, उंट, अस्वल, उंदीर, घूस, पाकोळी, घुबड, पोपट इत्यादि कित्येक प्राण्यांचा रंग त्यांच्या परिस्थितीप्रमाणें असतो, हें मुलांकडून काढून घ्यावें.

मुलांनो, प्राण्यांचा रंग त्यांच्या परिस्थितीप्रमाणें असतो हें तुम्हाला कांहीं उदाहरणांवरून समजलें. तुम्ही लक्षपूर्वक पाहिल्यास आणखीही कित्येक उदाहरणें तुम्हाला आढळतील. प्राण्यांचा रंग परिस्थितीप्रमाणें असण्याचा हेतु काय बरें असावा ? राघूचा रंग हिरवा असल्यामुळें झाडाच्या हिरव्या पानांत तो त्याच्या शत्रूंस ओळखूं येत नाहीं. सुरवंटांचा, अळ्यांचा व दुसऱ्या कीटकांचा रंग तीं ज्यांवर असतात त्यांप्रमाणें असल्यानें तीं त्यांस खाणाऱ्या पांखरांच्या लवकर दृष्टीस पडत नाहींत. परिस्थितीप्रमाणें रंग असल्यानें प्राण्यांचा त्यांच्या शत्रूंपासून कसा बचाव होतो, हें वरील उदाहरणांस लागू करून घ्यावें. मुलांनो, कांहीं प्राण्यांचे रंग परिस्थितीप्रमाणें नसतात, पण त्यांना परिस्थितीप्रमाणें रंग बदलण्याची शक्ति असते. सरडा रंग बदलतो हें प्रसिद्धच आहे. कित्येक प्राणी कांहीं युक्तीनें आपला बचाव करितात. एक कीटक आपल्या अंगाभोंवतीं काड्यांचें घर करितो. तो ज्या झाडावर असतो त्याच झाडाच्या बारीक काड्यांनीं तो आपलें घर करितो. हें मुलांस सांगावें व घरासुद्धां एक कीटक दाखवावा.

लांडगा व कुत्रा हे एकाच वर्गांतले प्राणी आहेत. कुत्रा हें पाळींव जनावर आहे. लांडगा जंगली जनावर असून त्यास आ-

पलें संरक्षण स्वतांच करावें लागतें. ह्या गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या. कुत्र्यांचे रंग अनेक असतात. त्यांस परिस्थित्यनुरूप रंगाची जरूर नाहीं. लांडग्यांचा रंग एकसारखाच असतो. त्यांस परिस्थित्यनुरूप रंग असण्याची जरूर आहे. हा भेद मुलांच्या लक्षांत आणून द्यावा.

वाघ, सिंह, चित्ता, बाऊल व मांजर हे एकाच वर्गांतले प्राणी आहेत. ह्यांत पाळींव कोण? जंगली कोण? परिस्थित्यनुरूप रंगाची जरूर कोणास आहे? सर्व मांजरें एकाच रंगाचीं असतात काय? कां नसतात? वाघ, सिंह इत्यादि जनावरें निरनिराळ्या रंगांचीं असतात काय? कां नसतात? वाघ, सिंह इत्यादिकांस स्वसंरक्षणासाठीं परिस्थित्यनुरूप रंगाची जरूर नाहीं हें खरें. पण ते अति बलाढ्य व क्रूर प्राणी असल्यामुळें त्यांचे भक्ष्यप्राणी त्यांच्या वाऱ्यासही उभे राहत नाहींत. ते जर आपल्या भक्ष्यप्राण्यांच्या लांबून दृष्टीस पडले तर ते भक्ष्यप्रांणी पळून जातील. मग वाघ, सिंह यांस भक्ष्य कसें मिळावें? ह्यासाठीं यांनाही परिस्थित्यनुरूप रंगाची जरूर आहे. वाघ, सिंह हे अगदीं जवळ येईपर्यंत आपल्या भक्ष्यप्राण्यांच्या नजरेस पडत नाहींत. हरिणाप्रमाणें कळप करून राहणाऱ्या प्राण्यांना स्वसंरक्षणाची जरूर असल्यामुळें त्यांचा रंग परिस्थित्यनुरूप असतोच. शिवाय त्यांच्या अंगावर कोठें तरी लांबून ओळखण्याजोगी पांढऱ्या किंवा दुसऱ्या एकाद्या रंगाची खूण असते. कळप करून राहणाऱ्या कित्येक पक्ष्यांच्या पंखांवरही ह्याच कारणामुळें पांढरे पट्टे किंवा ठिपके असल्याचें आढळतें. आपल्या कळपांतील एकादा सोबती चुकल्यास त्यास लांबून शोधण्यास ह्या खुणांचा त्यांस उपयोग होतो.

गांधीलमाशी, मधमाशी, ढुले ह्यांचा रंग परिस्थित्यनुरूप असतो काय? कां नसतो? ह्यांना स्वसंरक्षणाचें कांहीं साधन असतें काय? कोणतें?

मुलांनो, प्राणी व त्यांचे रंग ह्यांमध्यें निकट संबंध असतो. त्यांतलि कित्येक गोष्टी आज तुम्हास समजल्या. प्राण्यांच्या रंगांविषयीं शोधक दृष्टीनें पाहात गेल्यास तुम्हाला किती तरी नव्या, चमत्कारिक, व आल्हादकारक गोष्टी कळून येतील !

पाठ अकरावा.

पापडखार (सोडा).

पाठाचें साहित्य.—पापडखाराचे बरेचसे खडे, सोडा, कापडाचा रुमाल, हातोडा, काचपात्र, पाणी, काडी, सूत, खडा, मद्यार्काचा दिवा, चिनीमातीचे दोन लहान प्याले, चिनीमातीच्या दोन लहान ताटल्या, चमचा, कुपी, तेल, हिरवा आंबा, चाकू, आसिडाची पूड व दोन फुलपात्रें.

पूर्व तयारी.—पाठ देण्यापूर्वीं एक दोन दिवस एका काचपात्रांत आधणाचें पाणी घालून त्यांत विरघळेल तितकी पापडखाराची पूड घालावी. एका लांब काडीस एक लहान दगड सुतानें बांधून तो काचपात्रांतील पाण्यांत बुडेसा लोंबता ठेवावा. हें सर्व मुलांच्या देखत करून काचपात्र बंदोबस्ताच्या जागीं ठेवावें.

१. परीक्षण.

मुलांस पापडखाराचा एकेक खडा द्यावा. मुलें तो पदार्थ काय आहे हें बहुधा ओळखतीलच. त्याचा बारीक तुकडा चाखून पाहण्यास सांगून चव विचारावी. पापडखार खारट व किंचित कडसर लागतो. रंग विचारावा. मुलें मळकट पांढुरका रंग सांगतील. पापडखाराच्या खड्यांवर मळकट व अपारदर्शक पांढुरकी पूड असते. खडे पाण्यांत धुण्यास सांगून ती पूड घालवावी, म्हणजे खडे काचेसारखे चकचकीत होतील. खडे रुमालानें कोरडे करवून पुस्तकांतील अक्षरांवर धरवावे, म्हणजे ते अर्धवट पारदर्शक आहेत असें मुलांच्या लक्षांत येईल. खडे ओलसर असतां हाताला कसे लागले ?—गुळगुळीत व कांहींसे बुळबुळीत लागले.—

ते खडे नखानें खरवडून व बोटांनीं चेपून पहा. खडे कसे आहेत ?–कठीण.–हातोड्याचा हळू टोला मारिला तरी खडे फुटून पीठ होतें हें दाखवावें. पापडखार कसा आहे ?–ठिसूळ.–बरोबर.

२. साधे प्रयोग.

ह्या चिनीमातीच्या लहान प्याल्यांत थंड पाणी आहे. यांत ही पापडखाराची पूड टाकितों. काय झालें ?–पापडखार विरघळला.–यांत विरघळेल तितकी पापडखाराची पूड आणखी थोडी थोडी टाकितों, व ती लवकर विरघळावी म्हणून ढवळितों. तुम्ही पाण्याचा रंग कसा बदलतो आहे तें पहा. ह्यांतला एकेक थेंब चमच्यानें तुमच्या हातावर घालितों, तो तुम्ही चाखून पहा. ह्या साध्या पाण्यांत चिमटी बुडवून ती उचलून पहा, व ह्या पापडखाराच्या पाण्यांत चिमटी बुडवून तें बोटांस कसें लागतें तें पहा. मुलांकडून योग्य उत्तरें घ्यावीं. ह्या पाण्यांत आतां पापडखार विरघळत नाहीं. ह्याच्या तळाशीं पापडखाराची थोडीशी पूड तशीच राहिली आहे. आतां हा प्याला मद्यार्कांच्या दिव्यावर धरून पाणी उकळूं देतों. काय झालें ?–पाणी ऊन होण्याबरोबर प्याल्याच्या तळाशीं बसलेली पापडखाराची पूड विरघळूं लागली.–ह्यांत आणखी थोडी थोडी पूड टाकून पाहूं. पहा, आणखी पापडखार ह्यांत विरत आहे. ह्यावरून तुमच्या काय लक्षात आलें ?–थंड पाण्यापेक्षां ऊन पाण्यांत पापडखार जास्त विरघळतो.–बरोबर. आतां ह्या पाण्यांत विरघळलेला पापडखार पुन्हा निराळा करितां येईल काय ? कसा करावा ?–पाणी आटवावें, म्हणजे भांड्याच्या तळाशीं पापडखार राहील.–पाणी आटवून पापडखाराची पूड मुलांस दाखवावी. ह्या छोट्या ताटलींत पापडखाराचे खडे घालून ती दिव्यावर धरितों. काय झालें ?–पापडखार वितळून त्याचें पाणी झालें.–(खरें म्हटलें तर, ह्यावेळीं पापडखार वितळलेला नसतो. पाण्याचा अंश नसलेला पापडखार वितळण्यास फार उष्णता लागते. पापडखाराच्या खड्यांत पाण्याचा बराच अंश असतो. त्यांस उष्णता लाविली म्हण-

जे त्या पाण्यांत पापडखाराची पूड विरघळते. तथापि ह्या गोष्टींचा उल्लेख ह्या पाठांत बिलकूल करूं नये.) ह्या वितळलेल्या पापडखाराला आणखी उष्णता लावितों. काय झालें ?— त्यांतलें पाणी आटून पापडखाराची पूड ताटलींत राहिली.—बरोबर. एक दोन दिवसांपूर्वीं तयार केलेलें पापडखाराच्या मिश्रणाचें काचपात्र मुलांस दाखवावें. मिश्रणांत लोंबत ठेविलेल्या दगडाभोंवतीं पापडखाराचे स्फटिक जमले असतील ते मुलांस दाखवावे. त्यांचा आकार कसा आहे तें विचारावें, व त्या सर्वांचा आकार एकसारखाच आहे हें मुलांच्या लक्षांत आणून द्यावें. मुलांनो, ही कुपी तेलकट आहे, ही नुसत्या पाण्यानें धुवा. तेलकटपणा गेला काय ?—नाहीं.—आतां ती पापडखाराच्या पाण्यानें धुवा.—कुपीचा तेलकटपणा गेला.—पापडखाराचा हा गुण लक्षांत ठेवा. हिरव्या आंब्याची फोड नुसती चाखवावी, व मग पापडखार लावून ती चाखवावी. फोडीचा आंबटपणा कमी होईल. पापडखाराचे अंगीं आम्लपणा कमी करण्याचा धर्म आहे. मुलांस सोड्याची पांढरी पूड दाखवावी. शुद्ध केलेल्या पापडखाराचें 'सोडा' हें इंग्रजी नांव आहे. एका प्याल्यांत थोडा सोडा विरवावा, व दुसऱ्यांत थोडें आसिड विरवावें. नंतर सोड्याच्या प्याल्यांत आसिड ओतावें. एकदम ऊत येईल. मुलांस 'सोडावाटर' चें स्मरण द्यावें. सोडावाटर हें पापडखार व आसिड हीं एकत्र केलेलें पाणी होय. (हल्लीं अशा रीतीनें सोडावाटर बनवीत नाहींत.)

३. उत्पत्ति.

पापडखार हा एक क्षार आहे. समुद्रकांठीं वाढणाऱ्या खाऱ्या वनस्पतींच्या राखेंत पापडखार असतो. पूर्वीं ह्या राखेपासूनच पापडखार तयार करीत असत. हल्लीं मिठापासून पुष्कळ पापडखार तयार करितात. इंग्लंडांतून जो पापडखार (सोडा) इकडे येतो, तो मिठापासूनच केलेला असतो. इंग्लंड देश नकाशावर दाखवावा. सिंध, कच्छ, राजपुताना, पंजाब, म्हैसूर व

त्रावणकोर ह्या प्रांतांत पापडखार खाणींत सांपडतो. उत्तर हिंदुस्थानांत व मद्रास इलाख्यांत कांहीं ठिकाणीं पापडखाराची माती सांपडते, तींतून तो शुद्ध करून काढितात. लोणार सरोवरांतील मिठापासूनही पापडखार तयार करितात.

४. उपयोग.

पापडखाराचा पुढील कामांत उपयोग होतो. १. सावण तयार करण्यांत. कां ?–तो मळ व तेलकटपणा काढितो.–२. काचेच्या कारखान्यांत. ३. पिण्यास जड असलेलें पाणी हलकें होण्यास. फुलपात्रभर पाण्यांत थोडी पापडखाराची पूड टाकावी, व साध्या पाण्याशीं त्याची तुलना करावी. ४. पदार्थ लवकर शिजविण्यास. पाण्यांत क्षार असल्यास त्यांत तुरीचीडाळ वगैरे लवकर शिजत नाहींत, म्हणून त्यांत थोडा पापडखार घालितात. ५. पापड, भजीं वगैरे फुलण्यास त्यांत थोडा पापडखार घालितात. ६. कपडे धुण्याचे कामीं. कां ? ७. हळकुंडाचे रवे करण्याचे कामीं. ८. पापडखार औषधी आहे. ९. सोडावाटर कां पितात ?–पापडखार पाचक आहे. आणखीही पुष्कळ कामांत पापडखाराचा उपयोग होतो. ह्याला पापडखार हें नांव कां पडलें असावें ?

पाठबारावा.

तुरटी.

पाठाचें साहित्य.—कांटा व वजनें, तुरटीचे खडे, पाणी, मद्यार्काचा दिवा, सूत, खडा, रंग, चार काचपात्रें, प्रयोगनलिका, कागद, कापडाचे चार स्वच्छ तुकडे, चमचा, सूक्ष्मदर्शक, चांदीचें भांडें अगर एकादी वस्तु व अशुद्ध तुरटीचे नमुने.

पूर्व तयारी.—(१) पाठ देण्याचे आदले दिवशीं एक तोळा आधणाचें पाणी व एक तोळा तुरटीची पूड एका काच-

पात्रांत घालून त्यांत एक बारीक खडा लोंबता ठेवावा, आणि तें काचपात्र नीट ठेवून द्यावें. ही गोष्ट मुलांचे देखत करावी. (२) पुष्कळ तुरटी घातलेल्या पाण्यांत कागद व कापड ह्यांचे तुकडे बुडवून वाळूं द्यावे. (३) कसल्या तरी रंगांत कापडाचे दोन स्वच्छ तुकडे बुडवून वाळवून ठेवावे.

१. गुणधर्म.

मुलांजवळ तुरटीचे खडे देऊन ती ओळखण्यास सांगावें. (१) तुरटीचें निरीक्षण करवावें व ती ठणक, कठीण, ठिसूळ, रंगहीन (पांढुरकी), चकचकीत, अर्धवट पारदर्शक व तुरट आहे; व ती चाखून पाहिली असतां जीभ थोडी खरबरीत होऊन तिला ओढ लागते; ह्या गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या.

(२) तुरटीची पूड पाण्यांत टाकून ढवळावी. तुरटी पाण्यांत विरते. एक तोळा तुरटी व एक तोळा आधणाचें पाणी अशीं एकत्र करावीं. सर्व तुरटी विरघळेल. त्यांत आणखी थोडी तुरटी घालावी, व ती विरघळत नाहीं, तळाशीं बसते, हें दाखवावें. ह्यावरून तुरटीच्या विरघळण्यासंबंधानें काय नियम दिसतो ?—तुरटी तितक्याच वजनाच्या आधणाच्या पाण्यांत विरघळते.—बरोबर. काल तुरटी विरघळवून ठेविलेल्या काचपात्राचें काय झालें आहे पाहूं. मुलांस खड्याभोंवतीं जमलेले स्फटिक दाखवावे, व त्यांचा आकार विचारावा. काचपात्रांतलें पाणी थंड झालें आहे हें दाखवावें व त्यांतील थोडें पाणी चाखून त्या पाण्यांतही तुरटी विरघळलेली आहेच ही गोष्ट मुलांकडून काढून घ्यावी. स्फटिक बनतांना काय होतें तें विचारावें. (पदार्थपाठमाला गुच्छ दुसरा, पाठ पांचवा पहा.) काचपात्रांत स्फटिक बनले ह्यावरून तुरटीच्या विरघळण्यासंबंधानें तुम्हाला आणखी कोणता नियम समजला ?—ऊन पाण्यापेक्षां थंड पाण्यांत तुरटी कमी विरघळते.—बरोबर.

(३) तुरटीचे एक दोन खडे वजन करून ते प्रयोगनलिकेंत घालावे, व नळी तापवावी. काय झालें?—तुरटी वितळून तिचें पाणी

झालें.—तुरटीची पापडखाराशीं ह्या बाबदींत तुलना करावी. तुरटी आणखी तापवावी म्हणजे तींतील पाण्याचा अंश (तुरटीच्या खड्यांत निंमे पाणी व निंमे सुकी तुरटी असते.) वाफेच्या रूपानें उडून जाऊन नळींत तुरटीची पूड राहते. मुलांनो, तुरटी प्रथम घन होती, आतांही घनच झाली आहे. तिचें वजन पहिल्या इतकेंच आहे काय पहा.—नाहीं. कमी झालें आहे.—कां ?—तिच्यांतला पाण्याचा अंश वाफेच्या रूपानें उडून गेला, म्हणून तिचें वजन कमी झालें.—बरोबर. ह्या पुडीला तुरटीची लाही म्हणतात. भाजलेल्या पापडखाराशीं तुलना करावी.

(४) तुरटीच्या पाण्यांत बुडवून वाळवून ठेविलेला कागदाचा व कापडाचा तुकडा आणि कागदाचा व कापडाचा साधा तुकडा हे पेटवावे. ह्या दोहोंत काय फरक आढळला ?—तुरटीच्या पाण्यांत बुडविलेला कागद व कापड लवकर पेटत नाहीं.—तुरटीची पूड चांदीच्या भांड्यास चोळून भांड्यास जिल्हई येते हें दाखवावें. गढूळ पाण्यानें दोन काचपात्रें भरावीं, त्यांपैकीं एकांत तुरटीची पूड टाकावी व काचपात्रें बाजूस ठेवावीं. तुरटी घातलेलें पाणी थोड्या वेळानें स्वच्छ होऊन गाळ तळाशीं बसेल. तुरटींत कोणता गुण आहे ? आदल्या दिवशीं रंगवून वाळविलेले कापडाचे तुकडे पाण्यानें धुवावे. तुरटीच्या पाण्यांत बुडविलेल्या तुकड्याचा रंग लवकर जाणार नाहीं. यावरून तुरटींत कोणता गुण आहे असें समजतें ?

२. उत्पत्ति.

तुरटी खाणींत सांपडते. ती कांहीं ठिकाणीं शुद्धावस्थेंत सांपडते, व कांहीं ठिकाणीं मातीशीं मिश्र असते. नेपाळांत व बहार प्रांतांत शुद्ध तुरटी सांपडते. राजपुतान्यांत व कच्छ प्रांतांत अशुद्ध तुरटीचे दगड सांपडतात, पण तेथील तुरटी शुद्ध करण्याचे कारखाने अलीकडे बंद पडले आहेत. इंग्लंड, स्काटलंड, जर्मनी वगैरे देशांत मातीपासून तुरटी शुद्ध करितात. नकाशावर सर्व स्थलें दाखवावीं व अशुद्ध तुरटीचे नमुने मिळाल्यास दाखवावे.

३. उपयोग.

तुरटीचे गुणधर्म विचारावे, व त्यांवरून तुरटीचा उपयोग कोठें कसा होतो तें काढून घ्यावें. (१) कापडाचा रंग पक्का करण्यास, (२) कातडीं कमावण्यास, (३) मेणबत्त्यांतील मेण व चरबी पांढरी सफेत आणि टणक करण्यास, (४) कागद, कापड, आगकाड्यांचें लाकूड वगैरेचा ज्वालाग्राहीपणा कमी करण्यास, (५) कागदाच्या कारखान्यांत, (६) काच सांधण्यास, (७) ओशटपणा काढण्यास, (८) चांदीस जिल्हई आणण्यास, (९) गढूळ पाणी स्वच्छ करण्यास, आणि दुसऱ्या कित्येक कामांत तुरटी उपयोगीं पडते. (१०) तुरटी औषधी आहे. पुष्कळ तुरटी पोटांत घेतल्यास वांति व रेच होतात.

पाठ तेरावा.

कथील.

पाठाचें साहित्य.—कथील, तांबें, शिसें व लोखंड ह्या धातूंचे सारख्या जाडीचे व सारख्या आकारमानाचे पत्रे; कथिलाची कांब, कथिलाचें भांडें, कथिलाचे वर्ख, शिशाची कांब, चाकू, कथिलाची तार, मद्यार्काचा दिवा, कल्हईचा लोखंडी पत्रा, कल्हईचें तांब्याचें किंवा पितळेचें भांडें, आरशाचें भिंग, मिश्रधातूंचे नमुने व अशोधित कथील.

१. गुणधर्म.

कथिलाचा घांसलेला पत्रा मुलांस दाखवावा. तें कथील आहे, असें ओळखून घ्यावें. कथिलाचा पत्रा व इतर वस्तु मुलांच्या हातीं देऊन त्यांजकडून त्यांचें नीट निरीक्षण करवावें, व कथिलाचे गुणधर्म संभाषणरूपानें मुलांकडून काढून घ्यावे.

१. रंग व चकाकी.—कथिलाचा रंग वगैरे कशीं आहेत?–कथील रुप्यासारखें पांढरें व चकचकीत दिसतें.–बारकाईनें पहा,

व रुप्याच्या आणि कथिलाच्या रंगांतील फरक सांगा.—कथिलाच्या रंगांत किंचित पिवळसर झांक मारिते.—बरोबर.

२. वजन.—कथील, लोखंड, तांबें व शिसें ह्यांचे सारख्या जाडीचे व सारख्या आकारमानाचे पत्रे अगर तुकडे मुलांजवळ देऊन त्यांची तुलना करवावी. लोखंड, तांबें व शिसें ह्यांहून कथील हलकें आहे.

३. कठीणपणा.—ही पहा ही कथिलाची कांब चाकूनें सहज कापितां आली. कथील कसें आहें ?—मऊ.—तसाच हा शिशाचा तुकडाही चाकूनें कापतो. शिसेंही मऊच आहे. ह्या कथिलाच्या व शिशाच्या तुकड्यांवर नखानें चरे पडतात काय पहा.—शिशावर नखानें चरे पडतात, पण कथिलावर पडत नाहींत. कथील शिशाइतकें मऊ नाहीं.—बरोबर.

४. कथील गंजत नाहीं.—आपण घरांत कथिलाचीं भांडीं वापरितों तीं तुम्ही पाहिलींच्च आहेत. कथिलाचीं भांडीं पाणी वगैरे लागल्यानें गंजतात काय ? हें एक वापरण्यांत असलेलेंच कथिलाचें भांडें आहे.—कथील गंजत नाहीं.—लोखंडाच्या किंवा तांब्याच्या भांड्यांस ओलावा लागला तर काय होतें ?—तीं विटतात किंवा गंजतात.—बरोबर.

५. घनवर्धनीयता.—कथिलाचा पातळ वर्ख दाखवावा. कथिलाचा वर्ख इतका पातळ करितां येतो कीं, एक हजार वर्खांची जाडी एक इंच होते. कथिलाचे पत्रे व वर्ख कसे करीत असतील ?—कथिलाच्या कांबी ठोकून ठोकून किंवा चरकांत दाबून.—ठोकिलें किंवा दाबिलें असतां प्रसरण पावण्याच्या धातूच्या गुणाला काय नांव आहे?—घनवर्धनीयता.—कथील कसें आहे ? —घनवर्धनीय.—तांब्याच्या खालोखाल कथील घनवर्धनीय आहे.

६. तंतुभवनीयता.—तार न निघणारा असा कोणता धातु तुम्हाला माहीत आहे ?—शिसें.—कां ?—त्याच्यांत चिवटपणा नाहीं; त्याचे कण एकमेकांस बळकट ओढून धरीत नाहींत.—कथीलही बहुतेक शिशासारखेंच आहे. त्याची थोडीशी तार नि-

घते, तरी ती फार बारीक नसते, व तिच्यांत बळकटीही नसते, म्हणून ती निरुपयोगीच होते. कथिलाची तार दाखवावी, व ती ओढून पाहण्यास सांगावी.

७. **लवचीकपणा.**—कथिलाची कांब सहज लवते व गुंडाळली जाते हें दाखवावें. ह्यावरून कथील कसें आहे म्हणाल ?—लवचीक—बरोबर.

८. **चिंवटपणा.**—कथिलाची कांब एकाच ठिकाणीं पांच चार वेळ वांकवून उलगडली असतां मोडते हें दाखवावें. ह्यावरून कथील कसें आहे ?—कथील फारसें चिंवट नाहीं.

९. **द्राव्यता.**—पळी तापवून तींत कथिलाचा तुकडा टाकावा. कथील लागलेंच वितळतें. सर्व धातूंत कथील सहज व लवकर वितळतें, हें मुलांकडून काढून घ्यावें.

२. उपयोग.

कथिलाच्या अंगच्या गुणांमुळें तें फार उपयोगी झालें आहे. मुलांच्या रोजच्या परिचयांतील कथिलाचे उपयोग विचारावे.

१. **लोखंडास कल्हई.**—राकाईलचे डबे वगैरे कशाचे करितात ? मुलें कदाचित जस्ताचे म्हणून सांगतील. पण तें जस्त नव्हे; तें कल्हई केलेलें लोखंड होय. लोखंडाच्या पत्र्यास दोहों बाजूंनीं कथिलाची कल्हई करितात, व मग त्या पत्र्याच्या डबे वगैरे वस्तु करितात. डबे वगैरे वस्तु कल्हई न करितां नुसत्या लोखंडी पत्र्याच्याच कां करीत नाहींत ? कल्हई केल्यानें काय होतें ?

२. **तांब्याच्या व पितळेच्या भांड्यांस कल्हई.**—तांब्याच्या व पितळेच्या भांड्यांस आंतून व बाहेरूनही कल्हई करितात काय ? आंतूनच कल्हई कां करितात ? तांब्याच्या कळंकास काय म्हणतात ? तो पोटांत गेला तर काय होईल ? भांड्यांस कल्हई केल्यानें काय होतें ?

३. **पत्रे व वर्ख.**—कथिलाचे अगदीं पातळ पत्रे व वर्ख ह्यांचा कोठें उपयोग केलेला आपण पाहतों ? चहाचे पुडे, सा-

बण, औषधाच्या कुप्यांचीं तोंडें, चाकोलेट, उंची तंबाखू वगैरे अनेक वस्तूंच्या भोंवतीं कथिलाचे वर्ख गुंडाळितात. (ह्यांपैकीं एकादा पुडा दाखवावा.) कां ? कथिलाचे वर्ख फार मऊ, पातळ व कागदापेक्षां मजबूद असून त्यांतून आंतल्या पदार्थास हवा आणि ओलावा लागत नाहीं. असाच दुसऱ्या धातूंच्या पातळ पत्र्यांचा किंवा वर्खांचा उपयोग होईल काय ?–तांबें, लोखंड वगैरे धातु गंजतात, व त्यांमुळें आंतला पदार्थ व ते वर्खही खराब होतात, म्हणून इतर धातूंच्या वर्खांचा कथिलाच्या वर्खांप्रमाणें उपयोग होत नाहीं.—बरोबर.

४. मिश्र धातु.—कथिलाच्या मिश्रणानें फार महत्त्वाचे मिश्र धातु बनतात. कांसें, ब्रांझ, प्यूटर, घंटेची धातु, डाक करण्याची धातु या सर्वांची माहिती पूर्वींच्या पाठांत [पदार्थपाठमाला गुच्छ पहिला व दुसरा पहा.] दिलेली आहेच, ती एथें विचारावी.

५. आरसे.— आरसे करितांना भिंगाच्या मागें पारा व कथिलाचे वर्ख लावितात, हें मुलांस ठाऊकच असतें.

६. भांडीं व दागिने.—कथिलाचीं भांडीं मुलांच्या पाहण्यांत असतात. ह्या भांड्यांचा मुख्य उपयोग ? गरीब लोक कथिलाचे दागिने करितात. कोणते ?

३. उत्पत्ति.

अशुद्ध कथील दाखवावें. इतर धातूंप्रमाणें कथीलही खाणींत अशुद्ध स्थितींत सांपडतें. लोखंड शुद्ध करण्याची कृति विचारावी. कथीलही त्याचप्रमाणें शुद्ध करितात. अशोधित कथिलाचा चूर करून तो धुतात म्हणजे त्यांतला मातीचा बराच अंश निघून जातो. नंतर त्यांतील गंधकाचा अंश नाहींसा होण्याकरितां अशोधित तांब्याप्रमणें तें भाजून काढितात. नंतर तें कोळसे व चुनखडी यांसह पुन्हा भाजितात, म्हणजे त्यांतील सर्व पदार्थ निघून जाऊन कथील स्वच्छ होतें. शेवटीं ह्या कथिलाचा रस करितात, व वर आलेला मळ काढून टाकितात, म्हणजे तें शुद्ध कथील होतें.

आपल्या इकडे बंगाल वगैरे प्रांतांत कथिलाच्या खाणी आहेत. स्ट्रेटसेटलमेंटस्, इंग्लंड, आस्ट्रालिया इत्यादि देशांत कथिलाच्या खाणी पुष्कळ आहेत.

पाठ चौदावा.

जस्त.

पाठाचें साहित्य.—जस्ताचा घांसलेला पत्रा, जस्ताचा मळकट पत्रा; तांबें, लोखंड, शिसें, कथील व जस्त ह्यांचे एकाच आकाराचे व सारख्या जाडीचे पत्रे; रुपया अगर दुसरें कोरें नाणें, गंजलेलें लोखंड, कळंक आलेलें तांबें, लोखंडाची पळी, मद्यार्काचा दिवा, चाकू, शिशाची कांडी, कथिलाची कांडी, खिळा, अशोधित जस्त व ओतींव जस्त.

१. गुणधर्म.

जस्त मुलांच्या पाहण्यांत फारसें नसतें. जस्ताचा पत्रा मुलांजवळ द्यावा. तें जस्त आहे म्हणून सांगावें, व त्याचें निरीक्षण करवून संभाषणरूपानें जस्ताचे गुणधर्म मुलांकडून काढून घ्यावे.

१. **रंग.**–रंगासंबंधानें इतर धातूंशीं जस्ताची तुलना करवावी. जस्ताचा रंग कसा आहे?–जस्ताचा रंग शिशाप्रमाणें मळकट राखी नाहीं, कथिलाप्रमाणें पिवळसर पांढराही नाहीं, किंवा रुप्याप्रमाणें चकचकीत पांढराही नाहीं; जस्ताचा रंग निळसर पांढरा आहे.–बरोबर.

२. **चकाकी.**—एक घांसून जिल्हई केलेला व एक न घांसलेला असे दोन जस्ताचे पत्रे दाखवावे. हे दोन्ही पत्रे जस्ताचेच आहेत. ह्यांतला घांसलेला कोणता? हा दुसरा मळकट कां?–तो विटला आहे.–जस्त घांसलें तर त्यास चकाकी असते, व ओलावा लागून तें विटतें, हें मुलांकडून काढून घ्यावें.

३. **जस्त विटतें; गंजत नाहीं.**—गंजलेलें लोखंड दाखवावें. लोखंडाचा गंज लोखंडास खाऊन टाकितो. गंजलेलें लोखंड सहज वांकतें व मोडतें. तसें जस्ताचें होत नाहीं. जस्त नुसतें विटतें, म्हणजे तें बाहेरच्या बाजूनें थोडें गंजतें, गंजाचा आंत शिरकाव होत नाहीं. मुलांस हें नीट समजून द्यावें. जस्तामधील हा गुण फार महत्त्वाचा आहे. ह्यामुळें जस्ताचा ओलाव्यापासून बचाव होतो.

४. **वजन.**—सारख्या आकारमानाचे व सारख्या जाडीचे तांबें, शिसें, लोखंड, कथील व जस्त ह्यांचे पत्रे मुलांजवळ देऊन त्यांची वजनासंबंधानें तुलना करवावी. शिसें, तांबें, लोखंड, कथील व जस्त असा त्यांचा अनुक्रम लागतो. शिसें सर्वांत जड व जस्त सर्वांत हलकें आहे. लोखंड, कथील, व जस्त ह्यांच्या वजनांत फार थोडा फरक आहे. ह्या गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या.

५. **द्राव्यता.**—जस्त इतर धातूंप्रमाणें वितळतें. तें शिशाप्रमाणें किंवा कथिलाप्रमाणें सहज व लवकर वितळतें काय ? पळींत जस्त व कथील, आणि जस्त व शिसें एकदम घालून पळी दिव्यावर धरावी. काय आढळलें ?—जस्त कथील व शिसें ह्यांच्या इतकें सहज व लवकर वितळत नाहीं.—नंतर नुसता जस्ताचा तुकडा पळींत घालावा. पळी लाल होण्याचे सुमारास जस्त वितळेल. जस्त वितळण्यास तांब्याइतकी उष्णता लागत नाहीं.

६. **कठिणपणा.**—हा जस्ताचा पत्रा चाकूनें कापून पहा.—तो कथील व शिसें ह्यांप्रमाणें सहज कापत नाहीं, तरी त्याची थोडी कपची तासून निघाली.—ह्यावरून काय आढळलें ?—कथील व शिसें ह्यांपेक्षां जस्त कठीण आहे.—त्यावर खिळ्यानें चरे पाडून पहा.—चरे पडले.—ह्यावरून आपल्याला काय समजतें?—जस्त लोखंडाइतकें कठीण नाहीं.—बरोबर.

७. **घनवर्धनीयता.**—हा जस्ताचा पत्रा पहा. हा कसा केला असेल ?—घणांनीं ठोकून किंवा चरकांत दाबून.—मग जस्त कसें आहे ?—घनवर्धनीय.—बरोबर.

८. **लवचीकपणा व स्थितिस्थापकता.**–जस्ताचा पत्रा लवविण्यास सांगावा. तो लवेल पण सोडतांच पुन्हा ताट होईल. ह्यावरून जस्त कसें आहे?–लवचीक व कांहींसें स्थितिस्थापक.–बरोबर. जस्ताचा पत्रा लवचीक असतो खरा, तरी तो लोखंडाच्या किंवा तांब्याच्या पत्र्याइतका लवचीक नसतो.

९. **तंतुभवनीयता.**—जस्ताला वळकटी कमी असते, व त्याचीही शिसें व कथील ह्यांप्रमाणें तार निघत नाहीं.

२. उपयोग.

जस्त हा फार उपयोगी धातु आहे. घरांवर घालण्यास, पागोळ्यांखालीं नळ लावण्यास व छपरांच्या सांध्यांवर घालण्यास जस्ताच्या पत्र्यांचा उपयोग होतो. जस्ताच्या कोणकोणत्या गुणांमुळें?–जस्त घनवर्धनीय आणि शिशाहून हलकें व कठीण आहे, व तें फक्त बाहेरूनच थोडें गंजतें म्हणून.–पाणी सांठविण्याचीं भांडीं जस्ताचीं करितात. सैंधवाचे दगड कापण्यास जस्ताच्या करवती करितात. कां?–जस्त गंजत नाहीं. लोखंडाच्या करवती सैंधवांतील ओलाव्यानें गंजून मोडतील.–घरावर घालण्याचे पन्हळाचे पत्रे, व पाण्याचे हौद हीं मुलांच्या पाहण्यांत असतात. तीं कशाचीं असतात?–जस्ताचीं.–त्यांस आपण जस्ताचीं म्हणतों पण खरोखर तीं लोखंडाचीं असतात, व त्यांस जस्ताची कल्हई केलेली असते. लोखंडी पत्रे जस्ताच्या रसांत बुडविल्यानें पत्र्यांच्या दोहों बाजूंस जस्ताची कल्हई होते. कुंपणाकरितां तार आणितात तीही अशीच लोखंडाची असून, तिच्यावर जस्ताची कल्हई असते.

३. मिश्र धातु.

१. **पितळ.**—तांबें व जस्त मिळून पितळ होतें हें प्रसिद्धच आहे.

२. **तारेसाठीं मिश्र धातु.**–मिश्र धातूंचे गुणधर्म त्यांच्या मूळच्या धातूंहून भिन्न होतात, ह्या गोष्टीचें मुलांस स्मरण द्यावें. शिसें व जस्त ह्या दोहोंचीही तार निघत नाहीं. पण ह्या दोहों-

च्या मिश्रणानें झालेल्या मिश्र धातूची फार उत्तम तार निघते. ह्या तारेचा उपयोग बागेंत झाडांस बांधण्याचे व इतर कामांत फार होतो. कां? लोखंडी तार गंजते, तांब्याची तार महाग असते, व सुतळ कुजून जाते, परंतु ह्या मिश्र धातूची तार लवचीक व स्वस्त असून तिला कुजण्याची किंवा गंजण्याची भीति नसते, ह्या गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या.

४. उत्पत्ति.

अशोधित जस्त दाखवावें. खाणींत शुद्ध जस्त कधींही सांपडंत नाहीं. तें गंधकाशीं व इतर पदार्थांशीं मिश्र झालेलें असतें. अशोधित लोखंड भट्टींत घालून भाजतात, म्हणजे त्यांतील गंधक जळून जातो. नंतर मातीच्या मोठाल्या भांड्यांत कोळसा व तें जस्त घालून तीं भांडीं भट्टींत ठेवितात. हीं भांडीं बंद असतात व त्यांतून एकेक नळी पाण्याच्या हौदांत आणून सोडिलेली असते. भट्टींतील भांड्यांत जस्ताची वाफ होऊन नळीवाटे हौदांत येते व तेथें ती थंड होऊन जस्त बुडाशीं बसतें. ओतींव लोखंडाप्रमाणें हें ओतींव जस्तही फार ठिसूळ असतें. त्याचें पुन्हा भट्टींत घालून घनवर्धनीय किंवा घडींव जस्त बनवावें लागतें. जस्ताच्या खाणी विशेषेंकरून स्पेन व इटाली देशांत आहेत. हिंदुस्थानांतही थोडें जस्त सांपडतें.

पाठ पंधरावा.

वर्तुळ आणि गोल.

पाठाचें साहित्य.—खिळे, सुतळ, मातीचा किंवा लाकडाचा मोठा गोल, गोटी, वर्तुळाकृति जाडा कागद किंवा ताटली, कागदाची एक फूट लांबीची अरुंद पट्टी, दिवा व पांढरा कागद.

१. वर्तुळ व गोल ह्यांविषयीं मुलांस पूर्वीं पाठ दिलेले असतात. त्यांतील मुख्य गोष्टींची प्रथम उजळणी करावी. गोल व वर्तुळ ह्यांविषयींच्या पुढील पाठांस लागणाऱ्या आणखी कांहीं गोष्टी मात्र ह्या पाठांत सांगावयाच्या आहेत.

२. फळ्यावर सात आठ समकेंद्र वर्तुळें काढावीं. त्यांच्या परीघांचे लहान लहान भाग वगळून बाकीचीं वर्तुळें पुसावीं. [आकृति २ पहा.] परीघांचे भाग कसे दिसतात? मोठ्या वर्तुळाच्या परीघाचा भाग बहुतेक सरळ दिसतो, हें दाखवावें. वर्गाची खोली मोठी असल्यास आंत, अगर खोलीबाहेरच्या खुल्या जागेंत, खिळे व सुतळ ह्यांच्या साह्यानें एक फार मोठें वर्तुळ काढावें. सुमारें एक फूट लांबीची कागदाची अरुंद पट्टी त्या वर्तुळाच्या परीघावर ठेवावी. पट्टी परीघाला मिळून गेलेली दिसेल. कागदाची पट्टी मुलांजळ द्यावी. मुलांनो, पट्टी कशी आहे?– सरळ.–वर्तुळाचा परीघ?–वक्र.–मग पट्टी परीघास मिळून गेलेली कशी दिसते?–मोठ्या वर्तुळाच्या परीघाचा लहानसा भागच पाहिला तर तो—वस्तुतः वक्र असतांही–सरळ दिसतो.–बरोबर.

३. लहान गोटी व मातीचा मोठा गोल हीं दाखवावीं. दोहोंचीं पृष्ठें कशीं आहेत?–वक्र.–चवली गोटीवर ठेवावी. चवली गोटीच्या पृष्ठास चिकटते काय?–नाहीं.–कां?–चवलीचें पृष्ट सपाट असून गोटीचें पृष्ठ वक्र आहे.–गोलाच्या पृष्ठावर चवली ठेवा. काय झालें?–ती गोलाच्या पृष्ठावर सारखी लागून राहिलेली दिसते.–गोलाचें पृष्ठ वक्र नाहीं काय? मग हें कसें झालें?–मोठ्या गोलाचा अगदीं लहानसाच पृष्ठभाग पाहिला तर तो सपाट दिसतो.–बरोबर.

४. वर्तुळ व गोल वस्तूंच्या छाया.—(सायंकाळीं काळोख पडल्यावर किंवा दिवसा खिडक्या व दरवाजे बंद करून पुढील प्रयोग करावे.)

(क.) फळ्यावर अगर भिंतीवर पांढरा कागद लावावा, व त्याच्या समोर दिवा ठेवून दिवा आणि कागद ह्यांच्यामध्यें गोल धरावा. गोल कसाही फिरवून धरिला तरी त्याची छाया कागदावर एकसारखीच म्हणजे वर्तुळाकार पडते, हें मुलांच्या अनुभवास आणून द्यावें. [आकृति ३ पहा.]

(ख) वर्तुळाकृति जाड कागद (किंवा ताटली) दिवा व फळ्यावरील कागद ह्यांच्या मध्यें निरनिराळ्या तीन प्रकारांनीं धरावा. [आकृति ४, ५ व ६ पहा.] प्रत्येक वेळीं छाया निराळी पडते हें दाखवावें. गोलाची छाया नेहमीं वर्तुळाकारच पडते, तशी वर्तुळाची छाया नेहमीं वर्तुळाकारच पडते असें नाहीं, तिच्यांत वर्तुळाच्या स्थितीप्रमाणें बदल होतो, हें मुलांकडून काढून घ्यावें.

पाठ सोळावा.

वक्र पृष्ठावरून पदार्थ कसे दिसतात.

पाठाचें साहित्य.—मोठा गोल व लहान बाहुल्या.

१. मातीचा किंवा लाकडाचा गोल टेबलावर ठेवावा. गोलाचा वरचा पृष्ठभाग मुलांच्या नजरेच्या पातळींत येईल अशा रीतीनें टेबल मांडावें. काचेच्या अगर दुसऱ्या कसल्या तरी बाहुल्या (किंवा बाहुल्या न मिळाल्यास काड्या) गोलावर उभ्या खोंचाव्या किंवा चिकटवाव्या. [आकृति ७ पहा.] एका मुलास उभें राहण्यास सांगून त्याला त्या बाहुल्या कशा दिसतात तें विचारावें.— पहिली बाहुली सबंध दिसते, दुसरीचा कंबरेपासून वरचा भाग दिसतो, तिसरीचें फक्त डोकें दिसतें, परंतु चौथी मुळींच दिसत नाहीं.—बरें, आतां मी गोल तुमच्या समोर फिरवितों. पूर्वीं दिसत नसलेल्या बाहुल्या कशा क्रमानें दिसूं लागतात, व पूर्वीं दिसत असलेल्या कशा दिसेनाशा होतात तें पहा.

२. गोलावरच्या त्याच बाहुल्या काढून टेबलावर एकीमागें एक ठेवाव्या. ह्यावेळीं प्रत्येक बाहुलीचा सर्व भाग दिसतो, हें मुलांकडून वदवावें. तसेंच मागची मागची बाहुली कांहींशी अधिक अधिक लहान दिसते, हें त्यांच्या लक्षांत आणून द्यावें. गोलाच्या वक्र पृष्ठावरून व टेबलाच्या सपाट पृष्ठावरून बाहुल्यांच्या दिसण्यांतील फरक विचारावा.

३. मध्यें उंचवटा असून दोहों बाजूंस उतरण असलेल्या सडकेच्या रस्त्यावरून माणसें जातात येतात, तेव्हां तीं समोरून येतांना एकमेकांस कसकशीं दिसूं लागतात तें विचारावें. सपाट सडकेवरून येणारीं माणसेंही तशींच दिसतात काय? दोहोंत फरक कोणता? सपाट जागेवरून लांबची वस्तु पाहिल्यास ती सगळी एकदम दृष्टीस पडते, परंतु वक्र पृष्ठावरून लांबची वस्तु पाहिल्यास तिचा वरचा भाग मात्र प्रथम दिसतो, [आकृति ८ व ९ पहा.] ह्या गोष्टी मुलांच्या मनांत नीट ठसवाव्या.

पाठ सतरावा.

पृथ्वीचा आकार.

पाठाचें साहित्य.—मातीचा किंवा लाकडाचा मोठा गोल, चवलीएवढा वाटोळा कागद, काचेच्या किंवा दुसऱ्या कसल्या तरी बाहुल्या, वर्तुळाकार जाडा कागद किंवा पत्रा, दिवा व गोटी.

पूर्व तयारी.—(१) चंद्रग्रहण दरसाल निदान एक तरी असतेंच. शिक्षकानें तें मुलांस दाखवावें. चंद्रग्रहणाचे वेळीं पृथ्वीच्या छायेसह चंद्राची आकृति कशी दिसते हें मुलांस नीट समजावून द्यावें. (आकृति १० पहा.) तसेंच चंद्रग्रहण म्हणजे काय, सूर्य व चंद्र यांच्यामध्यें पृथ्वी आल्यानें चंद्रग्रहण कसें होतें, ह्या गोष्टी मुलांस अगदीं सोप्या भाषेंत व थोडक्यांत समजावून द्याव्या. ह्या गोष्टी समजावून देतांना दोन लहान मोठे गोल व दिवा घ्यावा, आणि प्रयोग काळोखांत करावे. एथें वरील गोष्टींची स्थूलमानानें मुलांस कल्पना आणून द्यावयाची. हा विषय पूर्णपणें समजण्याची मुलांमध्यें एव्हां पात्रताच नसते, हें विसरूं नये. चंद्रग्रहण म्हणजे काय, तें कसें होतें, चंद्राची छाया पृथ्वीवर कशी पडते ह्या गोष्टी एथें मुलांस पाठाच्या रूपानें सांगावयाच्या नाहींत. तर मुलांची सामान्य निरीक्षणशक्ति, जिज्ञासा व कल्पना-

शक्ति यांच्या साह्यानें त्यांस ह्या गोष्टींची अस्पष्ट कल्पना मात्र आणून द्यावयाची आहे. हें नीट साधारण नाहीं असें वाटल्यास हा भाग मुळींच गाळून टाकावा, व त्याचा उल्लेखही या पाठांत करूं नये.

(२) शाळेचें गांव समुद्रकांठीं असल्यास मुलांस किनाऱ्यावर नेऊन लांबून येणारें गलबत क्रमानें डोलकाठीच्या शेंड्यापासून बुडापर्यंत कसकसें दिसत जातें हें दाखवून ठेवावें.

१. **पृथ्वीचा मोठेपणा.**—मुलांनीं एकादा युरोपियन अधिकारी पाहिलेला असतो. तो अधिकारी मूळचा कोठील राहणारा असावा ? त्याचा देश विलायत (इंग्लंड) किती लांब असेल ? पायीं गेल्यास तेथें जाण्याला किती दिवस लागतील ? त्याच्याही पलीकडे आणखी देश आहेत. अशा प्रकारच्या संभाषणावरून पृथ्वीच्या मोठेपणाची सामान्य कल्पना मुलांस आणून द्यावी.

२. शाळेच्या बाहेर मोकळ्या जागेवर (शहरांत एकाद्या इमारतीच्या वरच्या मजल्यावर) उभें राहिल्यास भोंवतालचीं कोण कोणतीं ठिकाणें दिसतात ? तीं सुमारें किती लांब असावीं ? तेथें जाण्यास अजमासें किती वेळ लागेल ? ह्या ठिकाणांच्या अंतरांची वरच्या कलमांतील देशांच्या अंतरांशीं तुलना करावी, व आपल्याला पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचा अगदीं थोडा प्रदेश एकदम दिसूं शकतो, हें मुलांस समजावून द्यावें.

३. **पृथ्वी सपाट नाहीं.**—पृथ्वी सपाट दिसते खरी, पण ती सपाट नाहीं. तळ्यांतलें पाणी, विहिरींतलें पाणी, समुद्र, रस्ते, हीं सपाट दिसतात, म्हणून पृथ्वी सपाट आहे असें आपल्यास वाटतें. मोठ्या गोलाचा अगदीं लहान पृष्ठभाग पाहिला तर तो कसा दिसतो ?—सपाट.—आपल्याला पृथ्वीचा जो पृष्ठभाग एकदम दिसतो तो ह्या अवाढव्य पृथ्वीचा फारच लहान भाग आहे, हें तुम्हाला ठाऊकच आहे. अर्थात आपल्याला दिसणारा पृथ्वीचा पृष्ठभाग खरोखर सपाट आहे म्हणून तो तसा दिसतो असें नव्हे; तर तो वस्तुतः वक्रच आहे, पण तो फार मोठ्या गोलाच्या

वक्रपृष्ठाचा अगदीं लहान भाग आहे, म्हणून तो सपाट दिसतो.

४. पृथ्वी वर्तुलाकार नसून गोलाकार आहे.

(क) जाड्या कागदाचें मोठें वर्तुळ दाखवावें. तें फरीद्यावर उभें करावें, व त्याच्या कडेवरून बाव्हली चालवावी. नंतर तिला डाव्या उजव्या बाजूला सरळ चालवूं लागावें, व तिकडे जागा नसल्यामुळें बाहुली खालीं पडते हें दाखवावें.

(ख) पृथ्वीवर चालतांना माणसें–बाहुलीसारखीं–पडतांना पाहिलीं किंवा ऐकिलीं आहेत काय?–नाहीं.–अर्थात पृथ्वी सर्व बाजूंनीं वर्तुळ असली पाहिजे. सर्व बाजूंनीं वर्तुळाकार असलेल्या घनाकृतीला काय म्हणतात?–गोल.–पृथ्वीचा आकार कसा आहे?–गोल.–पृथ्वीचा आकार गोलच आहे असें म्हणण्यास आणखी कांहीं कारणें आहेत कीं काय पाहूं.

(ग) मागील पंधराव्या पाठांतील गोष्टींची मुलांस आठवण द्यावी. वर्तुळाची व गोलाची छाया कशी पडते तें विचारावें. चंद्रग्रहणाचे वेळीं पृथ्वीची छाया चंद्रावर पडते, व ती नेहमीं वाटोळी असते, हें तुम्हाला पूर्वीं माहीत झालेंच आहे. अर्थात पृथ्वीचा आकार कसा असला पाहिजे?–गोल.–बरोबर.

(वर पूर्व तयारी ह्या सदरांत लिहिल्याप्रमाणें चंद्रग्रहणाविषयींची माहिती मुलांस दिलेली नसल्यास हें (ग) कलम एथें मुळींच गाळून टाकावें.)

(घ) लांबून येणाऱ्या गलबताची आठवण द्यावी. मुलांनीं लांबून येणारें गलबत पाहिलें नसल्यास फळ्यावर आकृति काढून दाखवावी. [आकृति ११ पहा.]–समुद्राचा पृष्ठभाग सपाट असता तर लांबून येणारें गलबत कसें दिसलें असतें?–तें सगळें एकदम दिसलें असतें. [आकृति १२ पहा.]–यावरून काय ठरलें?–समुद्र सपाट दिसतो, तरी तो सपाट नाहीं; तर वक्र आहे.–मग तो सपाट कां दिसतो? योग्य उत्तर द्यावें. ह्यावरून पृथ्वीचा आकार कसा असला पाहिजे?

पाठ अठरावा.

पृथ्वीचें आकारमान.

पाठाचें साहित्य.—मातीचा मोठा गोल, फुटाची पट्टी, कागदाचीं लहान मोठीं वर्तुळें, सुतळ व खिळे.

१. पृथ्वीचा मोठेपणा.—पृथ्वी अवाढव्य आहे. [पाठ सतरावा पहा.] ती किती मोठी असावी तें पाहूं.

२. पृथ्वीचा व्यास.—पृथ्वीचा आकार कसा आहे ?—गोल.—गोलाचा व्यास म्हणजे काय ? ह्या मातीच्या गोलाचा व्यास मोजा. गोलांत आरपार लोखंडी सळई घालावी व ती मोजवून मातीच्या गोलाचा व्यास ठरवावा. पृथ्वी हा एक अवाढव्य गोल आहे. त्याचा व्यास अशा रीतीनें मोजितां येईल काय ?—नाहीं.—पृथ्वीचा व्यास प्रत्यक्ष मोजिलेला नाहीं. तो कोणत्या युक्तीनें ठरविला आहे तें तुम्हाला पुढें कळेल. पृथ्वीचा व्यास सुमारें ८००० मैल आहे. (८००० मैल म्हणजे काय ह्याविषयीं स्थूलमानाची कल्पना मुलांस पुढें लिहिल्याप्रमाणें आणून द्यावी.)

(क) तुमच्यांतला जलद चालणारा मुलगा कोण ? हा सुमारें वीस मिनिटांत एक मैल जाईल. तेव्हां हा एका तासांत किती मैल जाईल बरें ? ह्या हिशोबानें हा रात्रंदिवस चालत राहिला तर एका दिवसांत किती चालेल ?—७२ मैल.—समजा कीं, पृथ्वीच्या व्यासाच्या एका टोंकाजवळ ह्याचें घर आहे, व दुसऱ्या टोंकाजवळ शाळा आहे, आणि हा रात्रंदिवस एकसारखा चालत आहे, तर ह्याला शाळेंत येण्याला किती दिवस लागतील ?—१०० हून जास्त दिवस.—हें व पुढील उदाहरणें मुलांकडून फळ्यावर किंवा तोंडीं करवावीं.

(ख) एक गडी दररोज २० मैल चालतो, तर त्याला ८००० मैल चालण्यास किती दिवस लागतील ?

(ग) दर तासास ४० मैलप्रमाणें चालणाऱ्या आगगाडी-८००० मैल जाण्यास किती तास लागतील ?

पृथ्वीचा व्यास किती लांब आहे पहा !

३. पृथ्वीचा घेर.—गोलाचा घेर म्हणजे काय ? त्याला दुसरें नांव काय आहे ?–परीघ.–गोलाचा (किंवा वर्तुळाचा) व्यास एक असला तर त्याचा परीघ सुमारें तीन किंवा तिहींहून थोडा जास्त असतो हें मुलांस प्रत्यक्ष दाखवावें. पृथ्वीचा व्यास ८००० मैल आहे, तेव्हां तिचा परीघ किती असावा ?–२४००० मैलांहून थोडा जास्त.–पृथ्वीचा परीघ सुमारें २५००० मैल आहे. पुढील उदाहरणांवरून २५००० मैलांची कल्पना मुलांस आणून द्यावी.

(क) दररोज २० मैलांप्रमाणें चालणाऱ्या एकाद्या मनुष्यास पृथ्वीप्रदक्षिणा करण्यास किती दिवस लागतील ?

(क) तर तासास ४० मैल चालणाऱ्या आगगाडीला पृथ्वीप्रदक्षिणा करण्यास किती दिवस लागतील ?

पृथ्वीप्रदक्षिणा करण्यास म्हणजे २५००० मैल चालण्यास अतिशय वेगाच्या वाफेच्या जहाजास ८० दिवस लागतात !

४. पृथ्वीच्या आकारमानाची चंद्रसूर्यांच्या आकारमानांशीं तुलना.–एकाच आकारमानाचीं कागदाचीं दोन वर्तुळें घ्यावीं. त्यांपैकीं एक वर्गाजवळ व एक दूर अंतरावर हातांत धरण्यास सांगावें. मुलांनो, हीं दोन्हीं वर्तुळें सारखींच मोठीं दिसतात काय ?–नाहीं.–लांबचें वर्तुळ लहान दिसतें, व जवळचें मोठें दिसतें.–होय. पण तीं दोन्हीं वर्तुळें तर सारखींच आहेत. लांबचें वर्तुळ किती लहान दिसतें तें पहा. हें तिसरें वर्तुळ लहान आहे. हें लांबच्या वर्तुळाच्या आड धरा. काय झालें ?–ह्यानें लांबचें वर्तुळ झांकून टाकिलें.– म्हणजे हें लांबच्या वर्तुळापेक्षां मोठें झालें. पण खरोखर तसें आहे काय ?–नाहीं.–आपल्यापासून जवळच्या इमारती, झाडें वगैरे लांबच्या फार उंच डोंगरापेक्षांही उंच दिसतात, हें व इतर उदाहरणें मुलांकडून काढून घ्यावीं. ह्यावरून काय ठरलें ?–वस्तु लांबून पाहिल्या, तर त्या वास्तविक असतात त्यांहून लहान दिसतात.–बरोबर. मुलांस बाहेर

न्यावीं. त्यांच्या हातांत एकेक दिडकी अगर तितकालींच कागदाचीं वर्तुळें द्यावीं. व तीं सूर्यासमोर धरून सूर्य किती मोठा दिसतो तें पाहण्यास सांगावें. सूर्य त्या वर्तुळांएवढा दिसतो. तोच सूर्याचा वास्तविक आकार समजावयाचा काय?—नाहीं. सूर्य त्याहून मोठा आहे.—मग तो इतका लहान कसा दिसतो?—तो फार लांब असल्यामुळें तसा लहान दिसतो.—बरोबर. मुलांनो, सूर्य लहान दिसतो, तरी तो फार मोठा आहे. सूर्याचा व्यास पृथ्वीच्या व्यासाच्या शंभरपटीहून अधिक आहे. मोकळ्या जागेवर एक दोन इंच व्यासाचें व एक सतरा फूट व्यासाचें अशीं दोन वर्तुळें काढावीं. मुलांनो, धाकटें वर्तुळ ही पृथ्वी आहे असें म्हटलें तर मोठें वर्तुळ हें सूर्य होईल. आपली पृथ्वी सूर्यापुढें किती लहान दिसते पहा. चंद्र व सूर्य ह्यांत मोठा कोण दिसतो?—चंद्र.—परंतु वास्तविक पाहतां चंद्र हा पृथ्वीपेक्षांही लहान आहे. मोकळ्या जागीं मघांच्या वर्तुळांशेजारीं अर्धा इंच व्यासाचें वर्तुळ काढावें. हें तिसरें वर्तुळ काय दाखवील?—चंद्र.—सूर्य, पृथ्वी व चंद्र ह्यांची तुलना वर्गांत करण्यासाठीं फळ्यावर पंचवीस इंच, पाव इंच, व एक शोडषांश इंच व्यासाचीं वर्तुळें काढावीं.

पाठ एकोणिसावा.

पृथ्वीचा आकार नारिंगासारखा आहे.

पाठाचें साहित्यः—नारिंग, दोन लोखंडी सळया, फुटाची पट्टी, सुमारें ६१० पृष्ठांचें पुस्तक, सुमारें पंचावन्न फूट लांबीची सुतळ, दोन लांब खुंट्या व कागद.

१. **नारिंगाचा आकार बरोबर गोल नसतो.**—मुलांजवळ नारिंग द्यावें, त्याच्या डेंखाशीं व बरोबर त्याच्या समोरच्या टोंकाशीं खुणा कराव्या. (खुणा मूळच्याच असतात.) त्या खुणांच्या मध्यें बरोबर मध्यावर सभोंवतालीं वर्तुळाकार खूण कर-

वावी. दोहों टोंकांतून एक सळई आरपार घालवावी, व दुसरी सळई मधल्या वर्तुळाकार खुणेवर आरपार घालवावी. ह्या दोन सळया त्या नारिंगाचे दोन व्यास दाखवितील. ते दोन्ही व्यास मोजवावे. ते सारखे आहेत काय?–सारखे नाहींत.–अर्थात नारिंगाचा आकार बरोबर गोल नाहीं. कां?–तें दोहों टोंकांकडे चापट आहे.–

२. पृथ्वीचा आकार बरोबर गोल नाहीं.–फळ्यावर आकृति काढावी. [आकृति १३ पहा.] नारिंगाप्रमाणें पृथ्वीचे दोन्ही व्यासही सारखे नाहींत. फळ्यावरील आकृतींत पृथ्वीच्या आडव्या व उभ्या व्यासांचे आंकडे दिले आहेत. पृथ्वीच्या चापट टोंकांमधील व्यास सव्वीस मैलांनीं कमी आहे. ह्यावरून काय झालें?–पृथ्वीचा आकार बरोबर गोल नाहीं.—बरोबर.

३. पृथ्वी नारिंगाइतकी चापट नाहीं.–पृथ्वीच्या मध्यभागाच्या व टोंकांकडील व्यासाची लांबी किती आहे?–अनुक्रमें ७९२६ व ७९०० मैल.–म्हणजे ह्यांचें प्रमाण सुमारें ३०५: ३०४ असें आहे. म्हणजे वस्तुतः ह्या दोन्ही व्यासांत फारसें अंतर नाहीं. कसें तें पहा.

(१) हा ३०५ कागदांचा व हा दुसरा ३०४ कागदांचा असे दोन ढीग जवळ जवळ ठेविले आहेत. ह्यांच्या उंचींत तुम्हाला किती फरक दिसतो?–फरक मुळींच दिसण्यांत येत नाहीं.– (कागदांच्या ढिगांऐवजीं सुमारें ६१० पृष्ठांच्या दोन पुस्तकांचा व एका कागदाचा उपयोग करावा.)

(२) वर्गाबाहेर मोकळ्या जागीं ३०५ इंच व्यासाचें वर्तुळ काढावें. त्याचे एकमेकांस काटकोनांत छेदणारे दोन व्यास काढावे. एका व्यासाचा दोहोंकडचा अर्धा अर्धा इंच व्यास वगळून ३०४ इंच व्यासाचें दुसरें वर्तुळ काढावें. पृथ्वी दोहों टोंकांकडे किती चापट आहे, तें ह्या वर्तुळांवरून लक्षांत आणून द्यावें.

(३) दर रोज २६ मैलप्रमाणें एक मनुष्य चालत असला तर त्याला पृथ्वीच्या लांब व्यासाइतकें चालण्यास ३०५

दिवस लागतील, व आखूड व्यासाइतकें चालण्यास ३०४ दि- लागतील.

४. **सारांश.**—पृथ्वीच्या वास्तविक आकाराविषयीं पुढील गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या.

(क) पृथ्वीचा आकार नारिंगासारखा दोहों टोंकांकडे चापट आहे.

(ख) परंतु पृथ्वी दोहों टोंकांकडे नारिंगाइतकी चापट नाहीं. नारिंगाच्या मानानें पृथ्वीचा चापटपणा बहुतेक नाहींच म्हणण्याइतका कमी आहे.

पाठ विसावा.

पृथ्वीची दैनंदिनगति.

पाठाचें साहित्य.—मेणवत्ती किंवा दिवा, मधोमध सळई बसविलेला लाकडाचा किंवा मातीचा गोल व काळ्या कागदाचा पोकळ शंकु.

सूचना.—हा पाठ (साधल्यास) रात्रीं काळोख पडल्यावर द्यावा. शाळेच्या वेळांतच हा पाठ द्यावयाचा, तर वर्गाच्या खोलीच्या खिडक्या व दरवाजे बंद करून किंवा त्यांवर पडदे सोडून होईल तितका अंधार करावा.

१. उपोद्घात.

प्रथम मागील पाठांची थोडक्यांत उजळणी करावी. मुलांनो, आपण जिच्यावर राहतों त्या पृथ्वीविषयीं तुम्हाला आतांपर्यंत बरीच माहिती झाली आहे. तरी आज पृथ्वीविषयींच आणखी कांहीं गोष्टींचा विचार करावयाचा आहे.

२. दिवस व रात्र.

मुलांनो, हा बैठकीचा दिवा लावून टेबलावर ठेविला आहे. मधोमध सळई बसविलेला हा लाकडी गोल दिव्यासमोर धरितों. गोलाच्या जेवढ्या भागावर दिव्याचा उजेड पडला आहे तेवढ्या

भागाच्या कडेबरोबर खडूनें युक्तीनें रेखाटा. हा गोल हातांत घेऊन पहा, आणि त्याच्या केवढ्या भागावर उजेड पडला होता, व केवढ्या भागावर काळोख पडला होता, तें सांगा.–गोलाचा अर्धा भाग दिव्याच्या उजेडांत असून अर्धा भाग काळोखांत होता.–बरें, गोलाची सावली कोणत्या बाजूस व कोणत्या आकाराची पडली आहे सांगा.—दिव्याच्या भिन्न अंगास गोलाची सावली पडली असून तिचा आकार शंकूसारखा आहे.–सावलीचा आकार मुलांस कदाचित बरोबर समजणार नाहीं. यासाठीं काळ्या कागदाचा वेताचा पोकळ शंकु करावा व तो गोलाच्या दुसऱ्या बाजूस लावून दाखवावा. मुलांनो, दिवा हा सूर्य व लाकडी गोल ही पृथ्वी आहे असें समजा. हा दिवा व गोल जसे स्थिर आहेत तशीं सूर्य व पृथ्वी हीं जर स्थिरच असतीं तर आतांप्रमाणें ह्या पृथ्वीवर दिवस व रात्र हीं होतींना; कांकीं मग ह्या गोलाच्या अर्ध्या भागाप्रमाणें पृथ्वीचा अर्धा भाग नेहमीं प्रकाशांत राहता, व तिच्या दुसऱ्या भागावर नेहमीं अंधारच पडला असता. म्हणजे जेथें दिवस तेथें नेहमीं दिवस, व जेथें रात्र तेथें नेहमीं रात्रच राहिली असती. आपल्याला दिवस व रात्र हीं दोन्ही होतात, यावरून तुम्ही काय सांगू शकाल ?–पृथ्वी व सूर्य हीं दोघेंही स्थिर नाहींत; या दोहोंपैकीं निदान एक तरी फिरत असलें पाहिजे.–बरोबर.–ह्या गोलावर मी खडूनें तीन चार ठिकाणीं खुणा करितों, आणि गोल न हालवितां हा दिवा गोलाभोंवतीं हळू हळू एकसारखा फिरवितों. गोलावरच्या खडूच्या प्रत्येक खुणेवर दिव्याच्या अर्ध्या प्रदक्षिणेंत उजेड व अर्ध्या प्रदक्षिणेंत काळोख पडतो, हें नीट पहा. आपण दिवा व गोल हे सूर्य व पृथ्वी यांच्या जागीं मानिले आहेत, तेव्हां या प्रयोगावरून दिवस व रात्र होण्यास काय होत असलें पाहिजे असें दिसून आलें ?–दिवस व रात्र होण्यास सूर्य पृथ्वीभोंवतीं फिरत असला पाहिजे.–बरें, आतां दिवा टेबलावर जागच्या जागीं ठेवून त्याच्या समोर हा गोल (त्याचा आंस–सळई–धरून

त्याच्या अंगाभोंवतीं फिरवितों. आतांही गोलावरच्या प्रत्येक खुणेवर गोलाच्या अर्ध्या प्रदक्षिणेंत उजेड व अर्ध्या प्रदक्षिणेंत काळोख पडतो आहे, ही गोष्ट लक्षपूर्वक पहा. आतांच्या ह्या प्रयोगावरून दिवस व रात्र होण्याचें काय कारण असावें असें तुम्हाला वाटतें?—सूर्य स्थिर असून पृथ्वी आपल्या आंसावर आपल्या अंगाभोंवतीं फिरत असावी.—तर मग दिवस व रात्र होण्यास ह्या निरनिराळ्या दोन कारणांपैकीं कोणतें तरी एक कारण असूं शकेल असें झालें. हीं दोन कारणें कोणतीं?—पृथ्वी स्थिर असून सूर्य तिच्या भोंवतीं फिरत असावा; किंवा सूर्य स्थिर असून पृथ्वी आपल्या अंगाभोंवतीं फिरत असावी.—बरोबर. हीं दोन कारणें दिसतात. आतां ह्यांपैकीं कोणतें खरें असावें त्याचा विचार करूं.

३. सूर्य फिरतोसा दिसतो.

सूर्य सकाळीं उगवतो तेव्हां कोठें दिसतो? दुपारीं तो कोठें दिसतो? सायंकाळीं सूर्य कोठें दिसतो? तो रात्रीं कोठें असतो? बरें, आपली पृथ्वी फिरत असलेली किंवा चालत असलेली आपल्याला कधीं तरी दिसते काय? ह्यावरून सूर्य व पृथ्वी यांपैकीं कोण फिरतें व कोण स्थिर असावें?—सूर्य फिरत असून पृथ्वी स्थिर असावी असें दिसतें.—बरोबर. तसें दिसतें खरें; पण तें खरें नाहीं. खरी गोष्ट निराळीच आहे.

४. पृथ्वी आपल्या आंसावर फिरते.

तुम्ही आगगाडींत, गलबतांत किंवा आगबोटींत बसून जातांना भोंवतालचीं झाडें, डोंगर वगैरेकडे कधीं पाहिलें आहे काय? तेव्हां आपल्याला काय वाटतें?—आपण स्थिर असून झाडें, डोंगर वगैरे पुढून धांवत येऊन मागें जातात असें दिसतें.— पण खरी गोष्ट काय असते?—आपण पुढें जात असतों, व झाडें, डोंगर वगैरे जागच्या जागीं स्थिरच असतात.—त्याचप्रमाणें सूर्य जरी आपल्याला चालतोसा दिसतो, तरी तो खरोखर चालत नाहीं; स्थिरच आहे. आपली पृथ्वीच आपल्या आंसावर फिरत

असते. सूर्य आपल्याला चालतोसा दिसतो, तो कोणत्या दिशे-कडून कोणत्या दिशेकडे जातोसा दिसतो ?–पूर्वेकडून पश्चिमे-कडे.–तर मग आपली पृथ्वी कशी फिरत असावी ?–पश्चिमेक-डून पूर्वेकडे.–दिव्यासमोर गोल पश्चिमेकडून पूर्वेकडे फिरवून दाखवावा, व दिवा हा सूर्य कल्पून गोलावरील खुणेवर सूर्योदय, मध्यान्ह व सूर्यास्त कसकसे होतात, हें मुलांस दाखवावें.

५. पृथ्वीची दैनंदिन गति.

दिवस व रात्र मिळून किती तास होतात ?–चोवीस.–दि-वस व रात्र मिळून कधीं चोवीस तासांहून कमी व कधीं चोवी-स तासांहून जास्त असें होतें काय ?–नाहीं.–पृथ्वीला आपल्या आंसावर आपल्या अंगाभोंवतीं एक प्रदक्षिणा करण्यास चोवीस तास लागतात. म्हणून दिवस व रात्र मिळून चोवीस तास हो-तात. ह्या लाकडी गोलाचा आंस कोणता ?–सळई.–बरोबर. परंतु पृथ्वीच्या पोटांत ह्या सळईसारखा एकादा आंस नाहीं, हें लक्षांत ठेवा. राहाटाला व गाडीला आंस असतो. त्या आं-सावर राहाट किंवा गाडीचीं चाकें जशीं फिरतात, तशी पृथ्वी-ही फिरते. पण गाडी व राहाट यांचा आंस निराळा असतो. पृथ्वीचा आंस तसा निराळा नाहीं. तिच्या बरोबर मध्यांतून जा-णारा जो दक्षिणोत्तर व्यास तोच तिचा आंस होय. त्या आंसा-वर फिरून चोवीस तासांत ती आपल्या अंगाभोंवतीं एक प्रद-क्षिणा करिते. पृथ्वीच्या अंगच्या ह्या गतीला पृथ्वीची रोजची गति म्हणतात. दिवसाला दिन असें नांव आहे, व त्यावरून ह्या गतीला दैनंदिन असें नांव पडलें आहे. पृथ्वीची दैनंदिन गति म्हणजे पृथ्वीची आपल्या आंसावर फिरण्याची रोजची ग-ति होय. पृथ्वीच्या दैनंदिनगतीमुळें काय होतें ?–दिवस व रात्र. –बरोबर. मुलांनो, दिवस व रात्र होण्याचें कारण जी पृथ्वीची दैनंदिनगति तिजविषयीं तुम्हाला आज माहिती मिळाली. पृ-थ्वीविषयीं आणखी कांहीं गोष्टी तुम्हाला पुढील पाठांत कळतील.

पाठ एकतिसावा.

पृथ्वीचा गोल.

पाठाचें साहित्य.—मधोमध सळई बसविलेला मातीचा किंवा लाकडी गोल, पृथ्वीचा गोल, मातीच्या गोलाच्या व्यासाइतकीच एक सळई. ओल्या चिकण मातीचे दोन लहान गोल पृथ्वीचा नकाशा व चाकू.

१. गोलाचा आंस व ध्रुव.

मधोमध सळई घातलेला मातीचा किंवा लाकडी गोल मुलांस दाखवावा. मुलांनो, मागील पाठांत हा गोल आपण काय दाखविण्याकरितां घेतला होता?—पृथ्वी.—ह्या सळईवर हा गोल फिरतो, तेव्हां गोलाच्यासंबंधानें आपण तिला काय नांव देतों? —गोलाचा आंस.—बरोबर. ही सळई गोलाच्या एका व्यासांतून जाते; म्हणजे ती गोलाचा व्यासच आहे. मात्र गोलाबाहेर जो सळईचा भाग दिसतो त्याचा समावेश गोलाच्या व्यासांत करावयाचा नाहीं. ही लांब सळई काढून गोलाच्या व्यासाइतकीच असलेली ही धाकटी सळई त्यांत बसवितों. सळईचीं टोंकें दाखवा. सळईच्या टोंकांवर दोन बोटें ठेवून गोल फिरवितों. गोल फिरत असतां सळईचीं टोंकें जागच्या जागींच राहतात; म्हणजे तीं फिरत नाहींत. म्हणून त्या टोंकांना म्हणजे आंसाच्या शेवटांस ध्रुव असें म्हणतात.

२. पृथ्वीचा गोल.

मुलांस पृथ्वीचा गोल दाखवावा. मुलांनो, हाही एक गोलच आहे. हा ह्या मधांच्या गोलाप्रमाणेंच आहे, किंवा यांत कांहीं जास्त दिसतें?—ह्याच्यावर नकाशा काढिलेला आहे.—बरोबर. हा गोल पृथ्वीची कल्पना मनांत येण्याकरितां मुद्दाम तयार केलेला आहे. ही पृथ्वीची प्रतिमा आहे, व हिजवर सगळ्या पृथ्वीचा नकाशा काढिलेला आहे. ह्या गोलावर आपलें हिंदुस्थान दाखवा. मुंबई व पुणें दाखवा. आपलें गांव ह्यावर काढिलेलें

आहे काय? कां नाहीं? आपलें गांव साधारणतः कोठेंसें असावें? मुलांनो, हा गोल म्हणजे पृथ्वीची प्रतिमा आहे म्हणून सांगितलें, तेव्हां हा आपल्या आंसावर फिरला पाहिजे. हा फिरतो काय पहा. ह्याचा आंस दाखवा. त्याचीं टोंकें कोणतीं? ह्या टोंकांस काय नांव सांगितलें?—ध्रुव.—बरोबर. पृथ्वी कोणीकडून कोणीकडे फिरते?—पश्चिमेकडून पूर्वेकडे.—तेव्हां पृथ्वीच्या आंसाचीं टोंकें कोणत्या दिशेस असावीं?—एक उत्तरेस व एक दक्षिणेस.—ह्या पृथ्वीच्या गोलाचें उत्तर टोंक कोणतें व दक्षिण टोंक कोणतें हें कसें ओळखावें? जें उत्तरेकडे केलें असेल त्याला उत्तर टोंक म्हटलें तर चालेल काय?—ह्या गोलावर पृथ्वीचा नकाशा काढिला आहे, व नकाशा वाचितां येईल असा धरिला म्हणजे वरच्या बाजूस उत्तर दिशा येते, म्हणून नकाशाच्या धोरणानें उत्तर टोंक ओळखितां येईल.—बरोबर. ह्या पृथ्वीच्या गोलाचा उत्तर ध्रुव दाखवा. दक्षिण ध्रुव दाखवा. मुलांनो, पृथ्वीविषयीं माहिती मिळवितांना साध्या गोलापेक्षां ही पृथ्वीची प्रतिमा आपल्याला जास्त उपयोगीं पडेल हें उघडच आहे. म्हणून तुम्हाला ह्या प्रतिमेची चांगली माहिती झाली पाहिजे.

३. भूमध्यरेषा.

ह्या प्रतिमेंत उत्तर व दक्षिण ध्रुवांपासून सारख्या अंतरावर मधोमध ही एक रेषा काढिली आहे. ही रेषा गोलाच्या परीघावरून गेलेली आहे म्हणून तिनें कोणती आकृति होते?—वर्तुळ.—ही रेषा भूमीच्या मधोमध आहे. म्हणून हिला भूमध्यरेषा असें नांव देतात. ही रेषा म्हणजे खरोखर एक वर्तुळच आहे. वर्तुळाला वृत्त असें दुसरें नांव आहे. ह्या भूमध्यरेषेला विषुववृत्त असेंही म्हणतात. विषुववृत्त हें नांव भूमध्यरेषेला कां दिलें आहे तें तुम्हाला पुढें कळेल.

४. गोलार्धं.

ह्या मातीच्या गोलावर मध्यरेषा काढा. हा गोल मी मध्यरे-

षेवर कापितों. काय झालें ?–गोलाचीं दोन अर्धें झालीं.–ह्या एकेका तुकड्याला काय नांव देतां येईल ?–गोलाचें अर्ध किंवा गोलार्ध.–पृथ्वीच्या मध्यरेषेनेंही तिचीं अर्धांच दोन गोलार्धें दिसतात हें मुलांकडून काढून घ्यावें, व उत्तर ध्रुवाकडील गोलार्धास उत्तर गोलार्ध व दक्षिण ध्रुवाकडील गोलार्धास दक्षिण गोलार्ध म्हणतात म्हणून सांगावें. आपलें हिंदुस्थान कोणत्या गोलार्धांत आहे ?–उत्तर गोलार्धांत.–ह्याप्रमाणेंच पूर्व गोलार्ध व पश्चिम गोलार्ध म्हणजे काय तें समजावून द्यावें. उत्तर व दक्षिण गोलार्धांस निराळीं करणारी जशी भूमध्यरेषा आहे, तसें पूर्व व पश्चिम गोलार्धांस निराळीं करणारें ठराविक वर्तुळ नाहीं, हें मुलांस सांगावें. आशिया, युरोप व आफ्रिका हीं खंडें ज्यांत येतात तें पूर्व गोलार्ध व अमेरिका खंड ज्यांत येतें तें पश्चिम गोलार्ध असें सांगून तीं गोलार्धें दाखवून घ्यावीं. आपलें हिंदुस्थान कोणत्या गोलार्धांत आहे ?–पूर्व गोलार्धांत.–पूर्व व पश्चिम गोलार्धांची कल्पना मनांत चांगली ठसण्याकरितां पृथ्वीच्या दोन गोलार्धांचा नकाशाही दाखवावा.

पाठ बाविसावा.

दिनमान.

पाठाचें साहित्य.—सूर्योदय, दिनमान वगैरेच्या निरीक्षणाचे किंवा पंचांगावरून तयार केलेले तक्ते, पृथ्वीचा गोल, दिवा किंवा मेणबत्ती, भोंवरा व सुतळ आणि वेताच्या छडीचा सुमारें हातभर लांबीचा तुकडा.

पूर्व तयारी.—हा पाठ देण्यापूर्वीं साधल्यास वर्षभर, निदान बरेच दिवस, सूर्य किती वाजून किती मिनिटांनीं उगवतो, किती वाजून किती मिनिटांनीं मावळतो, बरोबर डोक्यावर केव्हां येतो, म्हणजे माध्यान्ह केव्हां होतो, आणि दिवस किती तास व किती मिनिटांचा होतो, हें मुलांस पाहण्यास सां-

गून एक तक्ता भरून ठेवावा. ही गोष्ट वर्षभर करितां येणें बरेंच कठीण जातें, असा अनुभव आहे. यासाठीं २१ मार्च, २० जून, २३ सेपटेंबर व २० डिसेंबर ह्या तारखांच्या अलीकडे व पलीकडे आठ पंधरा दिवस वर लिहिल्याप्रमाणें मुलांकडून निरीक्षण करवून तक्ता तयार करावा. सूर्योदय पाहण्याचें कामही कोठें कोठें, विशेषतः शहरांत, साधणार नाहीं. तेथें माध्यान्ह व सूर्यास्त यांवरून सूर्योदय काढावा. माध्यान्हापासून सूर्यास्तापर्यंत जितका वेळ जातो, तितकाच वेळ सूर्योदयापासून माध्यान्हापर्यंत जातो. हें निरीक्षण करविण्याचें मुळींच न साधेल तर पंचांगांत दररोजचे सूर्योदय, सूर्यास्त व दिनमान हीं दिलेलीं असतात, त्यांवरून तक्ता भरावा. दिनमानाचें अर्ध सूर्योदयाच्या वेळांत मिळविलें, किंवा सूर्यास्ताच्या वेळांत वजा केलें, म्हणजे माध्यान्ह केव्हां होईल तें समजतें.

सूचना.—ह्या पाठाचे वेळीं जरूर ते प्रयोग काळोखांत करावे.

१. उपोद्घात.

सूर्योदय, सूर्यास्त, माध्यान्ह व दिनमान ह्यांचें निरीक्षण मुलांकडून करविलें असल्यास, मुलांस त्याचे तक्ते दाखवावे. तसें निरीक्षण करविलें नसल्यास त्यांच्या साधारण अवलोकनावरच हवाला द्यावा, आणि सूर्योदय व सूर्यास्त नेहमीं ठराविक वेळेस होत नाहींत, तर मागें पुढें होतात; केव्हां दिवस मोठे असतात, व त्या वेळीं रात्रीं लहान असतात; केव्हां रात्री मोठ्या होतात, व त्या वेळीं दिवस लहान होतात; रात्री व दिवस हीं लहान मोठीं होतात, तरी दिवस व रात्र मिळून नेहमीं चोवीस तासच भरतात; ह्या गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या. मुलांनो, हे चमत्कार तुम्ही बरेच वेळां पाहिले आहेत, व ते कां आणि कसे होतात हें समजावें असें तुम्हाला अनेक वेळां वाटतें. ह्यास्तव ह्या गोष्टींचा आज विचार करूं.

२. पृथ्वीच्या आंसाचा रोंख.

मुलांनो, दिवस व रात्र होण्याचें कारण आपल्याला काय समजलें?–पृथ्वी आपल्या आंसावर आपल्या अंगाभोंवतीं फिरते.–बरें, ती कोणीकडून कोणीकडे फिरते?–पश्चिमेकडून पूर्वेकडे.–कशावरून? पृथ्वीच्या फिरण्यांत तिचा आंस कसा असतो तो आपण पाहूं. पृथ्वीच्या गोलाचा आंस बरोबर उभा ठेवून गोल दिव्यासमोर फिरवावा. (आकृति १४ पहा.) मुलांनो, दिवा हा सूर्य व गोल ही पृथ्वी समजा. पृथ्वीचा आंस बरोबर उभा आहे असें मानिलें, तर दिवस व रात्र हीं लहान मोठीं होऊं शकतील काय? नीट पाहून सांगा. पृथ्वीचा आंस बरोबर उभा आहे असें मानिलें, तर दिवस व रात्र हीं प्रत्येकीं नेहमीं बारा बारा तासांचींच होतील, तीं लहान मोठीं होणार नाहींत, हें मुलांस नीट समजावून द्यावें. दिवस व रात्र हीं लहान मोठीं होतात. यावरून पृथ्वीचा आंस बरोबर उभा नाहीं. बरें, पृथ्वीचा आंस बरोबर आडवा आहे असें मानूं. म्हणजे पृथ्वीचा उत्तर किंवा दक्षिण ध्रुव बरोबर सूर्याकडे आहे असें मानूं. मी हा गोल तशा रीतीनें दिव्यासमोर ठेवून फिरवितों. (आकृति १५ पहा.) काय होतें नीट पहा. पृथ्वीचा आंस आडवा असता, तर उत्तर गोलार्ध किंवा दक्षिण गोलार्ध यांपैकीं सूर्याकडे असलेल्या गोलार्धांत नेहमींच दिवस असता, व दुसऱ्या गोलार्धांत नेहमींच रात्र असती, हें मुलांस नीट समजावून द्यावें. अर्थात ह्याही स्थितींत पृथ्वीचा आंस नाहीं. पृथ्वीचा आंस थेट उभा किंवा थेट आडवा नाहीं, तेव्हां तो कसा असला पाहिजे.–तिरपा.–बरोबर. पृथ्वीचा आंस तिरपा म्हणजे थोडासा कललेला आहे. पण एवढी एक गोष्ट कळल्यानें मघां सांगितलेल्या सर्व चमत्कारांचा उलगडा होतो कीं काय तें पाहिलें पाहिजे. पृथ्वीचा आंस तिरपा आहे, हें तर ठरलेंच. पण तिरपा म्हणजे कसा? त्याचें उत्तर टोंक सूर्याकडे कललेलें आहे किंवा त्याचें दक्षिण टोंक सूर्याकडे कल-

लेलें आहे तें पाहिलें पाहिजे. गोलाचें उत्तर टोंक दिव्याकडे कललेलें आहे अशा स्थितींत गोल ठेवावा, (आकृति १६ पहा.) व तो फिरवावा. गोलाच्या एका प्रदक्षिणेंत उत्तर गोलार्धांतील स्थळें निमेहून जास्त वेळ प्रकाशांत राहतात, व दक्षिण गोलार्धांतील स्थळें निमेहून जास्त वेळ अंधारांत राहतात, हें मुलांस दाखवावें. अर्थात अशा स्थितींत काय होईल? —उत्तर गोलार्धांत दिवस मोठे व दक्षिण गोलार्धांत रात्री मोठ्या असें होईल.—होय, पण यांतही एक अडचण आहेच. या स्थितींत उत्तर गोलार्धांत रात्री केव्हांच मोठ्या होणार नाहींत, व आपण उत्तर गोलार्धांत असून आपल्या एथें तर रात्री कधीं कधीं मोठ्या होतात. तेव्हां ह्याचा उलगडा कसा व्हावा ?

३. पृथ्वी सूर्याभोंवतीं फिरते.

मुलांनो, पृथ्वीचा आंस तिरपा आहे, व त्याचें उत्तर टोंक सूर्याकडे आहे, ही आपली कल्पना अर्धवट तर जुळलीच आहे. हा गोल त्याच्या आंसाचें उत्तर टोंक दिव्याकडे कलतें ठेवून फिरवितों. (आकृति १७, क पहा.) ह्या स्थितींत पृथ्वी असतां आपल्या इकडे दिवस व रात्री हीं कशीं होतील ?—दिवस मोठे व रात्री लहान होतील.—बरें, आतां गोलाच्या आंसाचा रोंख न बदलतां तो दिव्याच्या दुसऱ्या बाजूस ठेवितों. (आकृति १७, ग पहा.) ह्या स्थितींत पृथ्वी असतां आपल्याइकडे दिवस व रात्री हीं कशीं होतील ?—दिवस लहान व रात्री मोठ्या होतील.—बरें, आतां हा गोल त्याच्या आंसाचा रोंख न बदलतां एकदां अलीकडे (आकृति १७, घ पहा.) व एकदां पलीकडे (आकृति १७, ख पहा.) ठेवून गोल फिरवितों. आंसाच्या न बदलणाऱ्या रोंखाची मुलांस बरोबर कल्पना येण्याकरितां हातभर लांबीचा छडीचा तुकडा टेबलाच्या कडेभोंवतीं तिरपा धरून व रोंख न बदलितां फिरवून दाखवावा. ह्या प्रत्येक स्थितींत पृथ्वी असतां दिवस व रात्री हीं कशीं होतील तें सांगा.—ह्या दोन्ही स्थितींत दिवस व रात्री हीं

साधारण सारखींच होतात.—मुलांस ह्या गोष्टी नीट समजावून द्याव्या. तर मग दिवस व रात्री ह्यांच्या लहानमोठेपणाचा उलगडा झाला. पृथ्वीचा आंस तिरपा आहे; त्याचा रोंख कधींही बदलत नाहीं; व निरनिराळ्या वेळीं पृथ्वी सूर्याच्या निरनिराळ्या बाजूस जात असावी; असें आपल्याला दिसून आलें. शेवटच्या गोष्टीवरून आणि दिवस व रात्री क्रमानें लहान मोठीं होत जातात ह्यावरून पृथ्वी सूर्याभोंवतीं फिरत असली पाहिजे, हें मुलांच्या लक्षांत अणून द्यावें. पृथ्वी सूर्याभोंवतीं कशी फिरते हें फळ्यावर आकृति काढून (आकृति १७ पहा.) व दिव्याभोंवतीं गोल फिरवून दाखवावें. मुलांनो, पृथ्वी सूर्याभोंवतीं फिरत असतां ती आपल्या अंगाभोंवतींही दररोज एक प्रदक्षिणा करीत असतेच. तुम्ही भोंवरा घेऊन पुष्कळदां खेळलां असाल. भोंवऱ्यास दोरी गुंडाळून तो चुनेगच्ची केलेल्या गुळगुळीत जमिनीवर फेंकला, म्हणजे तो आपल्या आंसाभोंवतीं फिरत असतां कसें चक्कर घेत असतो तें तुमच्या लक्षांत असेलच. तीच गोष्ट पृथ्वीसही लागू आहे. पृथ्वी ही भोंवऱ्याप्रमाणें आपल्या अंगाभोंवतीं फिरतां फिरतां सूर्याभोंवतींही फिरते. मुलांस भोंवऱ्याचा खेळ माहीत नसल्यास भोंवरा प्रत्यक्ष फिरवून दाखवावा. मुलांस निरीक्षणाचे किंवा पंचांगावरून तयार केलेले तक्ते दाखवावे. फार मोठे दिवस केव्हां होतात? फार मोठ्या रात्री केव्हां होतात? दिवस व रात्री बहुतेक सारख्याच केव्हां असतात? उत्तर गोलार्धांत जेव्हां दिवस मोठे होतात, तेव्हां दक्षिण गोलार्धांत रात्री मोठ्या असतात, हें मुलांच्या नीट लक्षांत आणून द्यावें. भूकक्षेच्या आकृतीबद्दल वगैरे ह्या पाठांत मुळींच उल्लेख करूं नये. दिवस व रात्री लहान मोठीं होण्यास कोणकोणत्या गोष्टी कारण आहेत असें आपल्यास समजलें?—पृथ्वी सूर्याभोंवतीं फिरते, व तिचा आंस तिरपा असून त्याचा रोंख कधींही बदलत नाहीं.—बरोबर. आज समजलेल्या गोष्टी चांगल्या लक्षांत ठेवा. ज्या कारणांनीं दिवस

व रात्री हीं लहान मोठीं होतात, त्याच कारणांनीं आणखी काय चमत्कार होतात, तें पुढल्या खेपेस पाहूं.

पाठ तेविसावा.

ऋतु.

पाठाचें साहित्य.—मागील पाठांत सांगितलेले निरीक्षणाचे तक्ते, पृथ्वीचा गोल व दिवा अथवा मेणबत्ती.

सूचना.—ह्या पाठाचे वेळीं जरूर लागणारे प्रयोग काळोखांत करावे.

उपोद्घात.

प्रथम मागील पाठाची थोडक्यांत उजळणी करावी. पृथ्वी आपल्या अंगाभोंवतीं चोवीस तासांत एक प्रदक्षिणा करीत असतां ती सूर्याभोंवतींही फिरत असते, व तिचा आंस कलता असून त्याचा रोंख कधींही बदलत नाहीं, ह्यामुळें दिवस व रात्री हीं लहान मोठीं होतात, हें मुलांकडून काढून घ्यावें. मुलांनो, ज्यामुळें दिवस व रात्री हीं लहान मोठीं होतात, त्यामुळेंच आणखीही कांहीं चमत्कार घडतात. अशा चमत्कारांपैकीं एकाचा आज आपण विचार करूं.

२. ऋतु.

मुलांनो, उन्हाळा किती महिने असतो ? उन्हाळा कोण कोणत्या महिन्यांत असतो ? उन्हाळा संपल्यावर काय लागतें ? पावसाळ्याचे महिने कोणते ? पावसाळ्यानंतर काय लागतें ? हिंवाळा किती महिने असतो ? हिंवाळ्याचे महिने कोणते ? उन्हाळा, पावसाळा व हिंवाळा असे एकामागून एक क्रमानें होत असतात, व ते दरसाल ठराविक महिन्यांतच होतात, हें मुलांकडून काढून घ्यावें. उन्हाळा, पावसाळा व हिंवाळा ह्यांना ऋतु असें नांव आहे.

३. ऋतूंचें कारण.

हे ऋतु होण्याचें कारण काय बरें असावें? (१) दिवस मोठे व रात्री लहान होणें; (२) दिवस व रात्री हीं साधारण सारखीं होणें; (३) दिवस लहान व रात्री मोठ्या होणें; आणि (४) पुन्हा दिवस व रात्री हीं सारखीं होणें; हे चमत्कार कोणत्या सुमारास होतात, तें फळ्यावर लिहितों. नंतर त्यांच्याच समोर (१) फार उन्हाळा; (२) उन्हाळाहि फारसा नाहीं व थंडीही फार नाहीं;(३)फार थंडी; आणि(४)थंडीहि फार नाहीं व उन्हाळाही फार नाहीं; असें साधारणतः केव्हां असतें तें लिहितों. सर्वांचे महिने मुलांस विचारून फळ्यावर लिहावे. मुलांनो, जून महिन्यांत दिवस फार मोठे, तर त्या वेळीं उन्हाळाही जास्त असतो; डिसेंबर महिन्यांत दिवस फार लहान, तर त्या वेळीं थंडीही फार असते; मार्च व सेपटेंबर महिन्यांत दिवस व रात्री हीं साधारण सारखींच असतात, तर त्या वेळीं उन्हाळाही फार नसतो व थंडीही फार नसते. ह्यावरून तुमच्या काय लक्षांत येतें?—दिवसांच्या लहान मोठेपणाचा हिंवाळा व उन्हाळा यांशीं संबंध असावा.—बरोबर. सूर्याच्या प्रकाशकिरणांपासूनच उष्णता उत्पन्न होते. सूर्य नुकताच उगवतो तेव्हां उष्णता फारशी नसते, पण पुढें पुढें उष्णता वाढत जाते; अर्थात सूर्य फार वेळ प्रकाशत असला, दिवस मोठा असला, तर उष्णता जास्त उत्पन्न होईल, आणि दिवस लहान असला, तर उष्णता कमी उत्पन्न होऊन थंडी वाढेल; ह्या गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या. तसेंच एकामागून एक दिवस मोठे मोठे होऊं लागले म्हणजे दररोज उष्णता जास्त उत्पन्न होऊन उन्हाळा होतो; दिवस व रात्र हीं साधारण सारखीं सारखींच होऊं लागलीं म्हणजे मध्यम स्थिति असते; पुढें एकामागून एक लहान लहान दिवस होऊं लागले, म्हणजे उष्णता कमी मिळून थंडी वाढते, म्हणजे फार हिंवाळा होतो; व पुन्हा दिवस व रात्री हीं सारखीं सारखीं होऊं लागलीं म्हणजे मध्यम स्थिति असते; हें त्यांस चांगलें समजावून

द्यावें. मुलांनो, ह्यावरून मुख्य ऋतु किती म्हणावे?–दोन उन्हाळा व हिंवाळा. अथवा चारही म्हणतां येतील. उन्हाळा, बेताचा उन्हाळा, हिंवाळा व बेताचा हिंवाळा.–बरोबर. हे ऋतु होण्याचें कारण दिवस व रात्री हीं लहान मोठीं होतात हें होय असें मघां दाखविलें. पण दिवस व रात्री हीं तरी लहान मोठीं कां होतात?–पृथ्वीच्या सूर्याभोंवतीं फिरण्यानें.–म्हणजे पृथ्वी सूर्याभोंवतीं फिरते व तिच्या आंसाचा कल तिरपा आहे, ह्या एकाच कारणामुळें दिवस व रात्री हीं लहान मोठीं होतात व निरनिराळे ऋतु होतात असें झालें.

४. पावसाळा.

मुलांनो, उन्हाळा, पावसाळा व हिंवाळा असे आपल्याकडे मुख्य तीन ऋतु स्पष्ट दिसतात, व मघां मी हींच ऋतूंचीं तीन नांवें सांगितलीं होतीं. पण ऋतूंच्या कारणाचा विचार केला तर ऋतु दोन किंवा चार असावे, असें वाटतें. असें कां, अशी तुम्हाला शंका आली असेल. खरें म्हटलें तर, पावसाळा हा कांहीं निराळा ऋतु नाहीं. पुष्कळ पाऊस पडतो म्हणून त्याला आपण पावसाळा म्हणतों इतकेंच. उन्हाळ्यांत व हिंवाळ्यांतही थोडा बहुत पाऊस मध्येंच कधीं तरी पडतो, व केव्हां केव्हां तर सारखा आठ आठ दिवसही पडत असतो, ह्या गोष्टीचें मुलांस स्मरण द्यावें. पावसाळ्याचा संबंधानें विशेष माहिती तुम्हाला वरच्या इयत्तेंत मिळेल. पाऊस पडत असतां ऋतूंत फरक पडतो, म्हणून ऋतु ठरवितांना पावसाचाही विचार करितात.

५. सहा ऋतु.

आपल्याइकडे दोन किंवा चार ऋतु मानीत नाहींत. तीन किंवा सहा मानितात. तीन ऋतु कोणते?–उन्हाळा, पावसाळा व हिंवाळा.–वस्तुतः यांना ऋतु न म्हणतां काळ असें म्हणतात. सहा ऋतूंचीं नावें तुम्हास कदाचित् माहीत नसतील वसंत, ग्रीष्म, वर्षा, शरद, हेमंत व शिशिर असे सहा ऋतु आपल्याइकडे मानितात. मार्च व एप्रिल महिन्यांत दिवस व रात्री कशा अस-

तात ?–बहुतेक सारख्याच.–या वेळीं उन्हाळ्याचा आरंभ असतो. हा वसंत ऋतु होय. मे व जून महिन्यांत दिवस कसे असतात? –फार मोठे.–या वेळीं पूर्ण उन्हाळा असतो. हा ग्रीष्म ऋतु होय. जुलई व आगस्ट महिन्यांत दिवस कसे असतात?–फार मोठे झालेले असतात ते लहान होऊं लागतात.–या वेळीं उन्हाळा कमी होतो. हा वर्षा ऋतु. सेपटेंबर व आक्टोबर महिन्यांत दिवस कसे असतात?–दिवस व रात्री सारख्याच असतात.–या वेळीं हिंवाळ्यास आरंभ होतो. हा शरद् ऋतु. नोव्हेंबर व डिसेंबर महिन्यांत दिवस कसे असतात?–फार लहान.–या वेळीं पूर्ण हिंवाळा असतो. हा हेमंत ऋतु. जान्युअरी व फेब्रुअरी या महिन्यांत दिवस कसे असतात?–दिवस फार लहान झालेले असतात ते मोठे होऊं लागतात.–या वेळीं हिंवाळा कमी होतो हा शिशिर ऋतु. ग्रीष्म ऋतूंत पावसाळ्यास सुरुवात होते व शरद् ऋतूंत पावसाळा संपतो. आतांपर्यंत सांगितले ते आपल्याकडील ऋतु होत. आपण कोणत्या गोलार्धांत आहों?–उत्तर गोलार्धांत.–उत्तर गोलार्धांत दिवस मोठे असतात तेव्हां दक्षिण गोलार्धांत काय स्थिति असते?–तेव्हां दक्षिण गोलार्धांत दिवस लहान व रात्री मोठ्या असतात.–यावरून दक्षिण गोलार्धांतील ऋतु कसे असावे?–उत्तर गोलार्धांतल्या ऋतूंच्या उलट.–बरोबर. एकाच गोलार्धांतही सर्व ठिकाणीं सारखे ऋतु होत नाहींत; त्यांत थोडासा भेद असतो. पण तो विचार आज आपल्यास करावयाचा नाहीं. तो भेद तुम्हाला पुढें कळेल.

६. पृथ्वीची वार्षिक गति.

दिवस लहान मोठे होण्याचें व ऋतु होण्याचें कारण काय समजलें?–पृथ्वी सूर्याभोंवतीं फिरते यामुळें दिवस लहान मोठे होतात व ऋतु होतात.–ऋतु दरसाल त्याच त्याच महिन्यांत होतात, यावरून पृथ्वीची सूर्याभोंवतीं एक पूर्ण प्रदक्षिणा होण्यास किती काळ लागत असावा?–एक वर्ष.–एक वर्ष म्हणजे किती दिवस?–३६५ दिवस.–पृथ्वीच्या प्रदाक्षिणेस ३६५ दिवस

५ तास ४८ मिनिटें व ४६ सेकंड इतका काळ लागतो. तरी वर्ष ३६५ दिवसांचेंच धरितात. दरसाल सुमारें पावणे सहा तासांची कसर राहते ती लीप वर्ष धरून काढून टाकितात. असो. सूर्याभोंवतीं फिरण्याच्या पृथ्वीच्या अंगच्या गतीला पृथ्वीची वार्षिक गति असें म्हणतात. पृथ्वीला किती प्रकारच्या गति आहेत ? कोणत्या? पृथ्वीची दैनंदिन गति म्हणजे काय? पृथ्वीची वार्षिक गति म्हणजे काय? दैनंदिनगतीमुळें काय होतें ? पृथ्वीच्या वार्षिकगतीमुळें काय होतें?

पाठ चोविसावा.

पानाचे भाग व त्यांचीं कार्यें.

पाठाचें साहित्य.—पिंपळाचें पान, कोणत्या तरी झाडाच्या दोन तीन लहान डाहाळ्या, नागवेलीचीं दोन तीन पानें, निरनिराळ्या आकाराचीं व शिरांच्या निरानिराळ्या प्रकारांचीं पानें, अगदीं आखूड डेंखांच्या पानांची डाहाळी, सूक्ष्मदर्शक, काचेची मोठी कुपी, परात, पाणी, बटाट्याचें व कणकेंतील सत्व, पोट्याशियम आयोडाईड, मद्यार्काचा दिवा, दोन फुलपात्रें, चार लहान काचपात्रें, चिनीमातीच्या दोन ताटल्या, चार पांच दिवस काळोखांत ठेविलेल्या झाडाची कुंडी, जाड कागदाची वाटोळी चकती, मेण आणि चाकू.

१. उपोद्घात.

मुलांनो, झाडांच्या पानांविषयीं तुम्हाला आतांपर्यंत पुष्कळच माहिती मिळालेली आहे. झाडांचीं पानें ही मोठी सुंदर व अतिशय उपयोगी वस्तु आहे. झाडांना इतकी शोभा येण्यास त्यांचीं पानेंच कारण आहेत. शिवाय पानें हा झाडाचा एक महत्त्वाचा अवयव आहे. झाडाच्या महत्त्वाच्या अवयवांना काय नांव दिलेलें आहे ?—झाडाचीं इंद्रियें.—झाडाच्या इंद्रियांचे

किती प्रकार आहेत ?—दोन.—कोणते ?—जीवनेंद्रियें व उत्पादक इंद्रियें.—जीवनेंद्रियें म्हणजे काय ? झाडाचीं जीवनेंद्रियें कोणतीं ? झाडाचीं उत्पादक इंद्रियें कोणतीं ? आज झाडांच्या पानांसंबंधानेंच आणखी थोडासा विचार करूं.

२. पानाचे भाग.

पान झाडाच्या कोणत्या भागाला फुटतें ?—खोडाला किंवा खोडाच्या खांदीला.—पानाचे मुख्य भाग तुम्हाला कोणते माहीत आहेत ?—डेंख व मुख्य पान.—बरें, एक पिंपळाचें पान डेंखासह हातांत घ्या, व डेंख कोठें संपतें तें सांगा.—जेथें पानाचा पसरट हिरवा भाग लागतो तेथें.—पानाचा हिरवा भाग सबंध एकच आहे कीं त्यांत आणखी भाग दिसतात ?—डेंखापासून एक जाडी शीर निघून पानाच्या शेंड्यापर्यंत गेली आहे व ती पानाच्या मधोमध आहे. ह्या मधल्या शिरेला दोहों बाजूंस पुष्कळ फांटे फुटले असून त्या फांट्यांना आणखी बारीक फांटे फुटले आहेत, व सर्व पानभर शिरांचें जाळेंच पसरलें आहे. हें शिरांचें जाळें व त्या जाळ्यामधलि मऊ हिरवा भाग असे पानाचे दोन भाग दिसतात.-बरोबर. शिरांचें जाळें व त्यामधील मऊ हिरवा भाग असे पानाचे मुख्य दोन भाग तर असतातच, व त्यांखेरीज आणखीही एक भाग असतो. नागवेलीच्या पानावरील पातळ साल सोलून काढून मुलांस दाखवावें. पानाचा तिसरा भाग कोणता ?—साल किंवा त्वचा. जाळ्यामधील मऊ भाग म्हणून तुम्ही जो सांगितलात तो फार सूक्ष्म अशा पिशव्यांनीं भरलेला असतो, व त्या पिशव्यांत एका प्रकारचे सूक्ष्म कण असतात. असो. पानाचे मुख्य भाग कोणते ?—डेंख, शिरांचें जाळें, त्यांतील मऊ भाग आणि पानाची त्वचा.—बरोबर. शिरा सर्व पानांत असतातच. कित्येकांत डेंखापासून एकच जाडी शीर निघते, तर कित्येकांत अनेक निघतात. कित्येकांत शिरांचें जाळें बनलेलें असतें, तर कित्येकांत समांतर शिरा असतात. कित्येकांत मध्यें एक जाडी शीर असून तिच्या दोहों अंगांस समांतर शिरा अ-

सतात. मुलांकडून सर्व प्रकारचीं पानें दाखवून घ्यावीं. कित्येक पानांचें डेंख अगदीं आखूड असतें. मुलांस आखूड डेंख असलेलें एकादें पान दाखवावें.

३. पानाच्या भागांचीं कार्यें.

पानाला डेंखाचा मुख्य उपयोग कोणता दिसतो ?–तें पानाला आधारभूत असतें.–ह्याखेरीज डेंख आणखी काय करीत असतें ?–झाडाच्या मुळांनीं शोषण केलेला रस खोडांतून पानांस मिळण्याचें डेंख हें साधन आहे.–बरोबर. डेंखाच्या शेवटापासूनच मुख्य शीर निघते. तेव्हां मुख्य शीर व शिरांचें जाळें ह्यांचें मुख्य काम काय असावें ?–डेंखावाटें आलेला खोडांतील रस सर्व पानभर पसरण्याचें काम शिरा करितात.–आपल्या अंगांतील रक्तवाहिन्या व शहरांतील पाण्याचे नळ आणि त्यांच्या शाखा ह्यांशीं पानांतील शिरांच्या जाळ्याची तुलना करवावी. पानाच्या त्वचेचा काय उपयोग असावा ? आपल्या त्वचेशीं तुलना करवावी. आतां पानाचा कोणता भाग राहिला ?–शिरांच्या जाळ्यामधला मऊ भाग.–हा मऊ भाग फारच महत्त्वाचा आहे. पानावरची पातळ साल ही आपल्या त्वचेप्रमाणें, आणि शिरांचें जाळें आपल्या हाडांच्या सांगाड्याप्रमाणें व रक्तवाहिन्यांप्रमाणें पानांस उपयोगीं पडतात. तरी त्यांपेक्षां ह्या मऊ भागाचें महत्त्व विशेष आहे. पानांत झाडांना उपयोगी असें जें कांहीं कार्य घडतें तें ह्या मऊ भागांतच घडत असतें.

४. झाडाची श्वासोच्छ्वासक्रिया.

झाडें सजीव आहेत. अर्थात सर्व सजीव प्राण्यांप्रमाणें झाडेंही श्वासोच्छ्वास करीत असतील काय ? पानांच्या दोहों बाजूंस हजारों छिद्रें असतात. सूक्ष्मदर्शक असल्यास त्यांतून हीं छिद्रें मुलांस दाखवावीं. हीं छिद्रें पानांच्या नाकपुड्याच समजावयाच्या. ह्या छिद्रांवाटे पानें श्वासोच्छ्वास करितात. पानें जी हवा आंत ओढून घेतात ती सर्व त्यांस नको असते; तींतील एक पदार्थ मात्र त्यांस पाहिजे असतो. ह्या गोष्टी मुलांस माहीत असतात,

त्यांचें त्यांस स्मरण द्यावें. हवा आंत घेणें, तींतील एक पदार्थ निराळा करून तो आपल्या उपयोगीं लावणें व दुसरा पदार्थ बाहेर टाकणें हें सर्व काम पानांतील मऊ भागांतच होत असतें. आपलीं श्वासोच्छ्वासाचीं मुख्य इंद्रियें कोणतीं?—फुप्फुसें.—पानांमध्यें नाकपुड्यांचें काम कोण करतें?—पानांचीं छिद्रें.—आणि फुप्फुसांचें काम कोण करतें?—पानांतला मऊ भाग.—बरोबर. मुलांनो, हवेंतील निरनिराळे पदार्थ, त्यांचीं नांवें व त्यांचे गुणधर्म ह्यांची तुम्हाला अद्याप कांहीं माहिती नाहीं. यामुळें पानांच्या श्वासोच्छ्वासाबद्दल तुम्हाला एव्हां जास्त कांहीं समजणार नाहीं. तथापि पानें उच्छ्वासानें एक वायु बाहेर टाकितात हें तुम्हाला सहज पाहतां येईल. काचेच्या ह्या मोठ्या कुपींत ही झाडाची लहानशी खांदी घालून कुपी पाण्यानें तोंडोतोंड भरितों, व ती पाण्यानें भरलेल्या परातींत उपडी ठेवून परात उन्हांत ठेवितों. काय होत आहे पहा.—पानांपासून वायूचे बुडबुडे निघून ते पाण्यावर जमत आहेत.—हाच प्रयोग सावलींत व रात्रीं करून दाखवावा. कुपींत पानांपासून बुडबुडे निघणार नाहींत. झाडांच्या पानांवर सूर्यप्रकाश पडतो तेव्हांच त्यांची श्वासोच्छ्वासक्रिया जोरानें चालते. सावटांत झाडें चांगलीं कां होत नाहींत?

५. झाडाची पचनक्रिया.

झाडांचीं तोंडें कोठें असतात?—मुळांच्या शेवटांला.—झाडांचें मुख्य अन्न कोणतें?—खनिजपदार्थमिश्रित पाणी.—मुळांनीं हा रस शोषून घेतल्यावर तो अखेर कोठें जातो?—पानांत.—झाडांच्या पानांत रस आल्यावर तेथें त्याचें काय होतें?—पानें हवेंतून जो पदार्थ घेतात त्याशीं तो रस मिसळतो व मग तो झाडाच्या पोषणास उपयोगीं पडण्याजोगा होऊन तो परत खोडांत जातो.—आपण जें अन्न खातों तें आपल्या कोठ्यांत जाऊन पचावें लागतें. तसेंच झाडांचेंही आहे. त्यांच्या मुळांनीं शोषण केलेला रसही पचावा लागतो. हें पचनाचें काम आपल्या शरीरांत कोठें

होतें ?--कोठ्यांत. (पचनेंद्रियांत.)--झाडाचा कोठा (किंवा पचनेंद्रियें) कोणता समजावा?--पानें.--हें पचनाचें कामही पानांतील मऊ भागांतच होत असतें. मुळांनीं शोषण केलेल्या खनिजपदार्थमिश्रित पाण्यांत हवेंतील एक पदार्थ मिसळतो, तेव्हां तो रस झाडाच्या पोषणाजोगा तयार होतो. अर्थात पानांकडून हें पचनक्रियेचें काम होण्यास कशाची आवश्यकता आहे ?--सूर्यप्रकाशाची.--कां?--सूर्यप्रकाशावांचून पानांची श्वासोच्छ्वासक्रिया जोरानें चालत नाहीं, व म्हणून रस पचन होण्याला आवश्यक असलेला हवेंतला पदार्थ पानांस मिळत नाहीं.--झाडांतला रस पचन झाला म्हणजे त्यांत पिठासारखा पदार्थ पुष्कळ तयार होतो. त्याला आपण काय म्हणतों?--सत्व.--झाडांचें पोषण मुख्यत्वें सत्वावरच होतें. बटाटे, कणीक वगैरेंतलें सत्व दाखवावें. ह्या कुपींत एक पातळ पदार्थ (पोट्याशियम आयोडाईड) आहे. ह्या पदार्थाचे एक दोन थेंब सत्व असलेल्या पदार्थावर टाकिले, कीं तो सत्व असलेला पदार्थ निळसर होतो. ह्या काचपात्रांत थोडें सत्व व पाणी घालून त्यांत ह्या पदार्थाचे (पोट्याशियम आयोडाईडचे) दोन चार थेंब टाकितों. काय झालें?--सत्वाचें पाणी निळें झालें.--दोन हिरवीं पानें आधणाच्या पाण्यांत अंमळ उकडावीं, व मग तीं चिनीमातीच्या ताटलींत ठेवून त्यांवर मद्यार्क (मिथिलेटेड) स्पिरिट ओतावें. पानांचा हिरवा रंग मद्यार्कांत उतरेल. नंतर तीं पानें पोट्याशियम आयोडाईडमध्यें बुडवावीं, म्हणजे तीं निळसर होतील. कां ?--पानांत सत्व होतें म्हणून तीं निळसर झालीं.--चार पांच दिवस काळोखांत ठेविलेल्या झाडाचीं दोन फिक्कट पानें घेऊन त्यांवरही वरील प्रयोग करावा. तीं निळसर होणार नाहींत. कां ?--अंधारांत असलेल्या झाडाच्या पानांत सत्व नसतें.--झाडाच्या पानांत सत्व बनतें व झाड सूर्यप्रकाशांत असतें तेव्हां मात्र तें बनतें हें मुलांच्या लक्षांत आणून द्यावें.

६. झाडाच्या इतर क्रिया.

आपण पाणी पितों व अन्नावाटेही पाण्याचा बराच अंश आपल्या पोटांत जातो. झाडेंही पाणी पितात काय ? कशानें ? आ-

पल्या अंगांतून निरुपयोगी झालेलें पाणी घामावाटे व मूत्राच्या रूपानें बाहेर पडतें. झाडांच्या अंगांतील निरुपयोगी पाणी बाहेर पडण्यास कांहीं सोय असेल काय? ही सोय पानांतच आहे, व हें कार्यही मुख्यत्वें पानांच्या मऊ भागांतच होतें. पानाला दोहों बाजूंस हजारों भोंकें आहेत हें तुम्हाला ठाऊकच आहे. पानें ह्या भोंकांवाटेच निरुपयोगी पाणी बाहेर टाकितात. हें पाणी थोडें असल्यामुळें तें बाहेर येतांच त्याची वाफ होते व म्हणून तें आपल्याला दिसत नाहीं. ह्या गोष्टी मुलांस समजावून द्याव्या. ह्या पाण्यानें भरलेल्या काचपात्रावर ही जाड कागदाची वाटोळी चकती बसवितों, व तिला मधोमध भोंक पाडून तींत ही लहान खांदी अडकवितों. चकतीचें भोंक मेण लावून बरोबर बंद करितों व चकतीवर दुसरें काचपात्र बरोबर बसवून हीं दोन्ही काचपात्रें उन्हांत ठेवितों. थोड्या वेळानें वरील काचपात्रांत काय दिसतें तें सांगा.—वरील काचपात्रांत पाण्याची वाफ जमून व तिचें पाणी होऊन त्याचे बिंदु काचपात्रास चिकटले आहेत.—हें पाणी कोठून आलें?—हें पाणी झाडाच्या पानांनीं बाहेर टाकिलेलेंच असलें पाहिजे.—बरोबर.

मुलांनो, झाडांच्या पानांचें महत्त्व किती आहे, तें आतां तुम्हाला दिसून आलेंच. पानांमध्यें होणाऱ्या ह्या क्रिया पानांच्या मऊ भागांत होतात, व पानांवर सूर्यप्रकाश पडतो तेव्हांच ह्या सर्व क्रिया जोरानें चालू असतात, हेंही तुम्हाला समजलें. पानांना जो हिरवा रंग आलेला आहे, तो त्यांच्या मऊ भागांतील कणांनीं आलेला आहे. पानांतले हे कण सूर्यप्रकाशानेंच हिरवे होतात. म्हणूनच कांहीं दिवस काळोखांत ठेविलेल्या झाडाचीं पानें फिक्कट होतात हें ह्या झाडावरून तुमच्या लक्षांत आलेंच असेल. झाडांच्या पानांसंबंधानें आपल्याला शिकण्याजोग्या आणखी किती तरी गोष्टी आहेत. त्या तुम्हाला पुढें समजतील.

पाठ पंचविसावा.

फुलाचे भाग.

पाठाचें साहित्य.—पुष्कळ प्रकारचीं फुलें, सूक्ष्मदर्शक व चांगला चाकू.

१. उपोद्घात.

मुलांनो, झाडाचीं उत्पादक इंद्रियें कोणतीं? रंग, सुवास, सौंदर्य, नाजूकपणा इत्यादि गुणांमुळें फुलें आपल्याला फार आवडतात. फूल हा झाडाचा फार महत्त्वाचा अवयव आहे. फुलाला इतकें महत्त्व कां, तें नवीन झाडें उत्पन्न होण्याचे कामीं कसें उपयोगीं पडतें, व त्याच्या कोणत्या भागांकडून तें कार्य घडतें हें आपल्याला पाहावयाचें आहे. यास्तव प्रथम त्याच्या भागांचा विचार करूं.

२. बाह्याच्छादन किंवा पुष्पकोश.

हें एकेरी जासवंदीचें फूल आहे. ह्याचें डेंख दाखवा. डेंखाचा रंग कसा आहे?—हिरवा.—डेंखाला लागून जो फुलाचा हिरवा भाग आहे, तो सुटा करितों. हा पहा. ह्याचा आकार कसा दिसतो?—पेल्यासारखा.—ह्या पेल्याला कचोळेंही म्हणतात. जासवंदीच्या फुलाचें कचोळें वस्तुतः पांच टोंकदार पांकळ्यांनीं बनलेलें असतें हें मुलांस पाहण्यास सांगावें. ह्या जासवंदीच्या कळ्या पहा. ह्यांचें कचोळें दाखवा. यांतलें फूल कोठें आहे? —कचोळ्याच्या आंत.—कचोळें हें फुलाचें बाहेरचें आच्छादन आहे, म्हणून याला बाह्याच्छादन किंवा पुष्पकोश म्हणतात. जासवंदीच्या फुलाच्या बाह्याच्छादनाचा आकार पेल्यासारखा असतो. अशींच सर्व फुलांचीं बाह्याच्छादनें असतात काय? हीं फुलें पाहून सांगा.—कांहीं फुलांच्या बाह्याच्छादनाच्या पांकळ्या सुट्या असतात.—ह्या पांकळ्यांना बाह्याच्छादनदलें म्हणतात. बरें, ह्या जासवंदीच्या फुलाच्या बाह्याच्छादनाचे खालीं आणखी सुट्या हिरव्या पांकळ्या दिसत आहेत. ह्या पांकळ्या कशाच्या असाव्या.

ह्या जासवंदीच्या कळ्यांत त्या पांकळ्या कोठें आहेत ?–त्या बाह्याच्छादनाचे भोंवतीं चिकटलेल्या आहेत.–म्हणजे तेंही एक आच्छादनच झालें. त्याला उपबाह्याच्छादन म्हणतात. मुलांनो, फुलाचें डेंख पानाच्या डेंखाप्रमाणेंच असतें. डेंखानें फूल खोडाला किंवा खांदीला चिकटलेलें असतें. फुलाचे दोन भाग तुह्माला आतां सांगितले ते कोणते ?–उपबाह्याच्छादन व बाह्याच्छादन.–मुलांजवळ कांहीं फुलें द्यावीं, त्यांचें त्यांजकडून निरीक्षण करवावें, व प्रत्येक फुलाबद्दल पुढें लिहिलेली माहिती विचारून ती फळ्यावर कोष्टकरूपानें लिहावी. (१) फुलाचें नांव. (२) उपबाह्याच्छादन आहे काय ? त्यास किती दळें आहेत ? त्यांचा रंग कसा आहे ? (३) बाह्याच्छादन किंवा पुष्पकोश आहे काय ? त्यास किती दळें आहेत ? तीं सुटीं आहेत किंवा एकमेकांस चिकटून त्यांचा पेला बनला आहे ? बाह्याच्छादनाचा रंग कसा आहे ? ह्या कोष्टकावरून (१) सर्व फुलांस उपबाह्याच्छादन असतेंच असें नाहीं; (२) उपबाह्याच्छादनाच्या दळांची संख्या सर्व फुलांत सारखी नसते; (३) उपबाह्याच्छादनाचा रंग हिरवा असतो; (४) सर्वच फुलांस बाह्याच्छादन स्वतंत्र असतें असें नाहीं; (५) बाह्याच्छादनाच्या दळांची संख्या निरनिराळ्या फुलांत कमजास्त असते; (६) बाह्याच्छादनाचीं दळें कांहींत चिकटलेलीं व कांहींत सुटीं असतात; (७) बाह्याच्छादनाचा रंग बहुधा हिरवा असतो, तरी क्वचित निराळाही असतो; हीं अनुमानें मुलांकडून काढून घ्यावीं.

३. पुष्पावरण किंवा पुष्पमुकुट.

डेंख, उपबाह्याच्छादन व बाह्याच्छादन काढून टाकिलेलें हें एकेरी जासवंदीचें फूल पहा. ह्याच्या बाहेरच्या बाजूस कोणता भाग दिसतो ?–पांकळ्या.–कळ्यांच्या पांकळ्या अशा मोकळ्या असतात काय ?–कळीमध्यें पांकळ्या गुंडाळलेल्या असतात, व फूल फुलूं लागलें म्हणजे त्या सुट्या होऊन पसरतात.–पांकळ्या रंगीत व मऊ असतात, व फूल सुंदर दिसण्याचें कारण पांक-

ळ्याच आहेत, तरी पांकळ्या हा कांहीं फुलाचा महत्त्वाचा भाग नाहीं. बाह्याच्छादन जें काम करितें, तेंच काम पांकळ्याही करितात. कोणतें ? म्हणून पांकळ्यांनाही तशाच अर्थाचें नांव दिलेलें आहे. त्यांना पुष्पावरण (किंवा पुष्पमुकुट) म्हणतात. आवरण म्हणजे आच्छादन किंवा झांकण. हें धोतऱ्याचें व गुलबाशीचें फूल पहा. ह्यांना किती किती पांकळ्या आहेत ? ह्यांच्या पांकळ्यांत विशेष काय आहे ?—ह्यांच्या पांकळ्या एकमेकींस चिकटून नसराळें किंवा घंटा यांच्यासारखा त्यांचा आकार बनलेला आहे.—हें गुलछबूचें फूल पहा. ह्याला बाह्याच्छादन आहे काय ?—नाहीं.—पांकळ्या कशा आहेत ?—धोतऱ्याच्या फुलासारख्या.—होय. पण धोतऱ्याच्या फुलांत व ह्यांत थोडें अंतर आहे. गुलछबूच्या फुलांत बाह्याच्छादन व पुष्पावरण हीं मिळून गेलेलीं असतात. गुलछबूच्या पांकळ्यांच्या मुळांशीं किंचित हिरवटपणा दिसतो तो मुलांस दाखवावा. पारिजातकाप्रमाणें कांहीं फुलांच्या पांकळ्या नळीस चिकटलेल्या असतात. मुलांजवळ कांहीं फुलें द्यावीं, त्यांचें त्यांजकडून निरीक्षण करवावें, व प्रत्येक फुलाची पुढील माहिती विचारून ती कोष्टकरूपानें फळ्यावर लिहावी. (१) फुलाचें नांव. (२) पांकळ्यांची संख्या. (३) पांकळ्या सुट्या किंवा परस्परांस चिकटलेल्या ? (४) पुष्पमुकुटाचे बुडाशीं नळी आहे कीं काय ?

४. पुंकेसर.

ह्या मघांच्या जासवंदीच्या फुलाच्या पांकळ्या हळूच काढून टाकितों. शिल्लक काय राहिलें ?—तंतु.—हे तंतु म्हणजेच खरें फूल होय; अथवा सगळ्यांना मिळून फूल हें नांव दिल्यास तंतु हे फुलाचे महत्त्वाचे अवयव समजावयाचे. ह्या तंतूंना केसर असें नांव आहे. हे जासवंदीचे केसर कसे दिसतात ?—मध्यें एक उभा जाडा केसर असून त्याला समोंवतीं चिकटलेले पुष्कळ आखूड केसर आहेत व आखूड केसरांच्या टोंकांस गोळ्या आहेत.—मुलांनो, ह्या भोंवतालच्या केसरांना नर केसर किंवा पुंकेसर असें नांव आहे, व त्यांच्या शेवटांस ज्या गोळ्या आहेत त्यांना पराग

कोश असें नांव आहे. कोश शब्दाचा अर्थ काय ?–पिशवी.– ह्यावरून ह्या गोळ्या पोकळ असाव्या असें वाटतें, व त्या तशा आहेतही. ह्यांतल्या कांहीं गोळ्या फोडून पहा. आंत काय आहे ?–पिवळ्या कणांनीं बनलेली भुकटी.–ह्या पिवळ्या कणांना पराग हें नांव आहे. ह्या धोतऱ्याच्या फुलांतले पुंकेसर दाखवा. त्यांचे पराग कोश दाखवा. धोतऱ्याच्या फुलांतल्या पुंकेसरांत जासवंदीच्या पुंकेसरांपेक्षां काय विशेष आढळला ?–जासवंदीचे पुंकेसर मधल्या दांड्याला भोंवतीं चिकटलेले आहेत, व धोतऱ्याचे पुंकेसर त्याच्या पांकळ्यांना चिकटलेले आहेत.– मुलांकडून बऱ्याच फुलांचें निरीक्षण करवून त्यांतील (१) पुंकेसरांची संख्या व (२) ते कोठें चिकटलेले आहेत तें विचारून घ्यावें. ज्यांत दोहों प्रकारचे केसर असतील अशीं फुलें मात्र एव्हां दाखवावीं.

५. स्त्रीकेसर.

जासवंदीच्या पुंकेसरांमधला हा जाडा केसर पहा. ह्याच्याही डोक्यावर गोळीसारखें कांहीं आहे, पण तें किंचित चापट व स्पंजासारखें आहे. ह्या केसराला स्त्रीकेसर म्हणतात, व त्याच्या वरच्या टोंकाला स्त्रीकेसराचें अग्र म्हणतात. स्त्रीकेसराच्या बुडाजवळचा भाग फुगीर असतो तो दाखवावा. हाच भाग पुढें वाढून त्याचें फळ बनतें म्हणून सांगावें. हा भाग पोकळ पिशवीसारखा असून त्यांत बारीक वाटोळ्या गोळ्या असतात. त्याच पुढें वाढून फळांतील बिया होतात. म्हणून ह्या भागाला बियांची पिशवी अशा अर्थाचें बीजकोश असें नांव दिलेलें आहे. बीजकोशांतील प्रत्येक बारीक गोळीला बीजाचें अंडें अशा अर्थाचें बीजांड असें नांव आहे. बीजांडीं सूक्ष्मदर्शकानें दाखवावीं. स्त्रीकेसराचें अग्र व बीजकोश ह्यांमधील भाग पोकळ नळीसारखा असतो. स्त्रीकेसराच्या अग्रावर पडलेले पराग ह्या नळीवाटे बीजकोशांत जातात म्हणून ह्या नळीला तशा अर्थाचें परागवाहिनी असें नांव आहे. कित्येक फुलांत बीजकोश व परागवा-

हिनीचा भाग बाह्याच्छादनाचे खालीं डेंखांत असतो हें मुलांस दाखवावें. कित्येकांत परागवाहिनी अगदीं आखूड असते. जासवंदीच्या स्त्रीकेसराला किती अग्रें दिसतात ?—पांच.—आणि ह्या धोतऱ्याच्या फुलांतील स्त्रीकेसराला ?—दोन.—स्त्रीकेसर अनेक भाग मिळून झालेला असतो व प्रत्येक भागाचें अग्र निराळें असतें. स्त्रीकेसर उभा चिरून हे भाग निराळे करितां येतात. या प्रत्येक भागास स्त्रीकेसरदल म्हणतात व त्याच्या अग्रास स्त्रीकेसरदलाग्र म्हणतात. सर्व पारिभाषिक नांवें फळ्यावर लिहून त्यांचे अर्थ मुलांस नीट समजावून द्यावे. मुलांजवळ बरींच फुलें देऊन त्यांचें निरीक्षण करवावें, आणि त्या फुलांची माहिती विचारून फळ्यावर कोष्टकरूपानें लिहावी. (१) फुलाचें नांव. (२) बीजकोश डेंखांत किंवा फुलांत ? (३) स्त्रीकेसराच्या दळांची संख्या. (४) परागवाहिनी लांब आहे किंवा कसें ? ज्यांत दोहों प्रकारचे केसर असतील अशींच फुलें एव्हां दाखवावीं.

६. फुलांचे प्रकार.

मुलांस अनेक प्रकारचीं फुलें देऊन त्यांचें निरीक्षण करवावें व पुढील गोष्टी त्यांजकडून काढून घ्याव्या. उपबाह्याच्छादन, बाह्याच्छादन, पुष्पावरण, पुंकेसर व स्त्रीकेसर हे फुलाचे पांच भाग होत. प्रत्येक फुलांत हे सर्व भाग असतातच असें नाहीं. उपबाह्याच्छादन पुष्कळ फुलांस नसतें. कित्येकांत बाह्याच्छादन व पुष्पावरण ह्यांपैकीं एकच असतें. कित्येकांत हीं दोन्ही मिळून गेलेलीं असतात. कित्येकांत स्त्रीकेसर मात्र असतात, कित्येकांत पुंकेसरच असतात, व कित्येक फुलांत दोहों प्रकारचे केसर असतात. बीजकोश वाढून त्याचेंच फळ बनतें, तेव्हां फळ बनण्याला फुलांत कोणते केसर असलेच पाहिजेत ?—स्त्रीकेसर.—कां ?—बीजकोश हा स्त्रीकेसराचाच भाग आहे व बीजकोशाचेंच फळ व्हावयाचें असतें.—बरोबर.

मुलांनो, आज तुम्हाला फुलाचे भाग समजले, ते चांगले लक्षांत ठेवा, व जेव्हां जेव्हां नवीन फूल तुमच्या पाहण्यांत येईल तेव्हां तेव्हां त्याचें नीट निरीक्षण करून त्याचे भाग पाहात जा. फुलाच्या ह्या भागांचें कार्य काय व तें कसें घडतें हें तुम्हाला पुढल्या पाठांत समजेल. शिक्षकानें हा पाठ दिल्यानंतर सवडीप्रमाणें मुलांकडून अनेक फुलांचें निरीक्षण करवून माहिती तक्त्यांत लिहवून ठेविल्यास फार चांगलें.

पाठ सत्त्विसावा.

फुलाच्या भागांचीं कार्यें.

पाठाचें साहित्य.—सर्व प्रकारचीं फुलें, सूक्ष्मदर्शक व चांगला चाकू.

१. उपोद्घात.

मागील पाठाची थोडक्यांत उजळणी करावी व उपबाह्याच्छादन, बाह्याच्छादन किंवा पुष्पकोश, बाह्याच्छादनदल किंवा पुष्पकोशदल, पुष्पावरण किंवा पुष्पमुकुट, पांकळ्या, केसर, पुंकेसर, परागकोश, पराग, स्त्रीकेसर, स्त्रीकेसरदल, स्त्रीकेसरदलाग्र, परागवाहिनी, बीजकोश, बीजांड म्हणजे काय तें मुलांस ओळखितां व सांगतां येतें कीं नाहीं तें पाहावें. हे सर्व शब्द व त्यांचे थोडक्यांत अर्थ फळ्यावर लिहावे. मुलांनो, फुलांचे भाग तुम्हाला समजले. त्या भागांचीं कार्यें कोणतीं तें आतां पाहूं.

२. पुष्पसंरक्षण.

फुलाचे मुख्य भाग कोणते ?—उपबाह्याच्छादन, बाह्याच्छादन किंवा पुष्पकोश, पुष्पावरण किंवा पुष्पमुकुट, पुंकेसर व स्त्रीकेसर.—ह्यांत महत्त्वाचे भाग कोणते ?—पुंकेसर व स्त्रीकेसर.—बरोबर. फुलाचे महत्त्वाचे भाग पुंकेसर व स्त्रीकेसर हेच होत.

फुलाचें खरें व महत्वाचें कार्य फळ उत्पन्न करणें हें आहे, व तें पुंकेसर व स्त्रीकेसर ह्यांपासून होतें. अर्थात बाकीच्या भागांचें कार्य निराळें असलें पाहिजे. ह्या अगदीं लहान कळ्या पहा. ह्यांत उपबाह्याच्छादन व बाह्याच्छादन किंवा पुष्पकोश आहेत काय ? तीं कशीं आहेत ? ह्या दोन्ही अवयवांचें काम काय असावें ?—आंतल्या फुलाचें संरक्षण करणें.—कळींत फूल पूर्ण तयार झालेलें नसतें. त्यास ऊन, वारा, थंडी हीं सहन होत नाहींत, म्हणून बाहेरच्या दोन्ही आच्छादनांची त्याला जरूर असते. ह्या दोन्ही आच्छादनांचीं दलें पांकळ्यांपेक्षां जाड व बळकट असतात. उमलणाऱ्या फुलांच्या थंडीनें करपलेल्या पांकळ्या दाखवाव्या ,व कीटकांनीं खाल्लेलीं फुलें दाखवावीं. दोन्ही आच्छादनें ऊन, थंडी, वारा यांपासून फुलांच्या कळ्या असतां त्यांचें संरक्षण करितात, त्याप्रमाणेंच आणखी कोणापासून त्यांचा बचाव करितात ?—कीटकांपासून.—एक कळी फोडून आंतील पांकळ्या व केसर अपूर्ण स्थितींत असतात हें दाखवावें, व फूल वाढत असतां दोन्ही आच्छादनांपासून होणाऱ्या कार्याचें महत्त्व मुलांच्या मनांत चांगलें ठसवावें. कचोळ्यांतून पांकळ्या बाहेर पडलेल्या आहेत अशा कळ्या दाखवाव्या. पांकळ्या आंतल्या केसरांभोंवतीं गुंडाळलेल्या आहेत. अर्थात त्यांचें एक कार्य कोणतें ?—केसरांचें संरक्षण करणें.—बरोबर. फूल उमलल्यावरही पांकळ्या एक महत्त्वाचें कार्य करीत असतात तें तुम्हाला मग कळेल. फुलाला सुंदरपणा व मोहकपणा येतो तो कशानें ?—पांकळ्यांनीं.—पांकळ्यांचे अंगीं उत्तम सुवासही असतो. पांकळ्यांमध्यें एक प्रकारच्या तेलाचा अंश असतो. व त्या तेलामुळें त्यांना सुवास येतो. गुलाबी अत्तर कशापासून काढितात ?—गुलाबाच्या पांकळ्यांपासून.—सौंदर्य व सुवास यांमुळें फुलें सर्वांना हवींशीं वाटतात आणि त्यामुळें फुलांच्या महत्त्वाच्या कार्यांत फार मदत होते. पांकळ्यांच्या बुडांशीं फुलांमध्यें मध असतो. त्याचाही फुलांच्या महत्त्वाच्या कार्यांत उपयोग होतो. फुलांचें महत्त्वाचें कार्य कोणतें ?—फळ उत्पन्न होणें.—

फळ उत्पन्न होण्याचे कामीं पांकळ्यांचा प्रत्यक्ष कांहीं संबंध नाहीं, तरी अप्रत्यक्षपणें त्यांची त्या कामीं मदत होते, ही गोष्ट तुम्हाला थोड्या वेळानें समजेल. फुलाचे कोणते भाग पुष्पसंरक्षणाचें काम करितात ? पुष्पसंरक्षणाखेरीज पांकळ्या आणखी कोणतें काम करितात ? कोणत्या गुणांमुळें ? फुलांतील केसर पूर्ण दशेला येऊन ते थंडी, वारा, ऊन सोसण्याजोगे झाले म्हणजे काय होतें ?–फूल पूर्णपणें फुलतें.–बरोबर.

३. फलधारणा.

कोणत्या फुलांत फळ धरतें ?–ज्यांत स्त्रीकेसर असतो त्यांत.–फुलांत पुंकेसर असून स्त्रीकेसर नसले तर फळ धरेल काय ? कां नाहीं ? स्त्रीकेसराच्या कोणत्या अवयवाचें फळ होतें ?—बीजकोशाचें.—फळ धरण्यास त्यांत स्त्रीकेसर असलाच पाहिजे हें तुम्हाला समजलें. त्याप्रमाणेंच पुंकेसरांची फळ धरण्यास गरज लागते. अर्थात ह्या दोन्ही केसरांचें कार्य कोणतें ?–फळ धरणें हें केसरांचें कार्य होय.–एकंदर फुलाचें कार्य फळ धरणें हें आहे, व तें दोहों प्रकारच्या केसरांपासून घडतें, म्हणून केसर हेंच खरें फूल होय, असें समजावयाचें. अथवा फुलांतील महत्त्वाचे अवयव दोहों प्रकारचे केसर होत असें म्हणावें.

४. फळ कसें धरतें?

पुंकेसरांच्या टोंकांवरील परागकोशांची पूर्ण वाढ होण्याचे सुमारास फूल पूर्ण फुलतें. नंतर परागकोश फुटून त्यांतून पराग खालीं गळतात. पांकळ्यांवर गळलेले पराग दाखवावे. हे पराग स्त्रीकेसराच्या अग्रावर पडले म्हणजे ते त्यांतून परागवाहिनींत शिरतात व परागवाहिनींतून बीजकोशांत जातात. बीजकोश ह्या वेळीं पूर्ण वाढलेला असतो व त्यांत बीजांडींही पूर्ण वाढलेलीं असतात. पराग बीजकोशांत शिरले म्हणजे त्यांचें बीजांडांवर कांहीं चमत्कारिक कार्य घडतें आणि बीजांड व बीजकोश वाढूं लागतात. ह्यांची पुढें पूर्ण वाढ झाली म्हणजे बीजकोशाचें फळ व बीजांडांच्या बिया होतात. मुलांस ह्या सर्व गोष्टी नीट समजावून द्याव्या.

५. फलधारणेचे प्रकार.

फळ धरण्यास मुख्य गोष्ट काय व्हावी लागते ?—स्त्रीकेसर-दलाग्रावर पराग पडावे लागतात.—ज्या फुलांत स्त्रीकेसर नाहीं व अर्थात बीजकोश नाहीं त्या फुलांत फळ धरेल काय ?—नाहीं.—बरें, ज्या फुलांत पुंकेसर नाहींत, फक्त स्त्रीकेसरच आहे, त्या फुलांत तरी फळ धरेल काय ?—त्यांतही स्त्रीकेसरदलाग्रावर पराग पडणार नाहींत म्हणून फळ धरणार नाहीं.—असें वाटतें, पण तें खरें नाहीं. अशा फुलांतही फळ धरतें. अशा फुलांत स्त्री-केसरदलाग्रावर पराग कोठून येत असावे ?—इतर फुलांतून येत असतील.—पण ते कसे यावे ? वाऱ्याबरोबर पराग उडून येतात हा एक प्रकार. मधाकरितां या फुलावरून त्या फुलावर मधमाशा, पांखरें व फूलपांखरें हिंडतात. त्यांच्या अंगांस एका फुलांतील पराग चिकटून ते दुसऱ्या फुलांतील स्त्रीकेसरदलाग्रावर पडतात व तेथें फळ धरतें हा दुसरा प्रकार. फुलांत दोहों प्रकारचे केसर असूनही कांहीं फुलांत स्त्रीकेसरदलाग्रावर पराग पडूं शकत नाहींत. त्याचीं अनेक कारणें आहेत. त्यांतलें एक तुम्हाला दाखवितों. हें एकेरी जासवंदीचें फूल पहा. जासवंदीस फळ क्वचित येतें. कां ?—ह्या फुलांत स्त्रीकेसरदलाग्र उंच असून पुंकेसर ठेंगणे आहेत, म्हणून पराग स्त्रीकेसरदलाग्रावर पडत नाहींत.—बरोबर. फुलांच्या पांकळ्यांचा रंग, सुवास, सौंदर्य व त्यांच्या बुडाजवळचा मध ह्यांचा फलधारणेचे कामीं अप्रत्यक्ष उपयोग कसा होतो ? फुलांकडे पक्षी, फूलपांखरें व मधमाशा यांचें चित्त वेधलें जातें, व त्यांच्या द्वारें पराग इतर फुलांवर पसरून फलधारणेस अप्रत्यक्ष मदत होते. मुलांनो, हा विषय फार मनोरंजक आहे. तरी तुम्हाला तूर्त इतकी माहिती पुरे. फुलापासून उत्पन्न झालेल्या फळासंबंधानें पुढील पाठांत विचार करूं.

पाठ सत्ताविसावा.

फळाचे भाग व त्यांचीं कार्यें.

पाठाचें साहित्य.—निरनिराळ्या प्रकारचीं फळें व चांगला चाकू.

पूर्वावलोकन.—हा पाठ देण्यापूर्वीं मुलांना बाहेर फिरावयास नेऊन पाठांत ज्या गोष्टींचा उल्लेख आलेला आहे त्या गोष्टी प्रत्यक्ष दाखवून ठेवाव्या. विशेषतः पूर्ण फुललेलीं फुलें, फुलून कोमेजूं लागलेलीं फुलें, कोमेजून एक दोन दिवस झालेलीं फुलें, फुलांचे कांहीं भाग गळून गेले असून मागें फळें धरलीं आहेत अशीं फुलें, साधारण कच्चीं फळें इत्यादि गोष्टी अवश्य दाखवाव्या.

१. उपोद्घात.

मागील पाठाची थोडक्यांत उजळणी करावी, व फळ कसें धरतें, फुलांतील कोणत्या अवयवाचें फळ होतें वगैरे गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या.

२. फळ.

पुंकेसराच्या परागकोशांतील पराग स्त्रीकेसरदलाग्रावर पडून परागवाहिनींतून बीजकोशांत गेल्यावर काय होतें?—परागांचें बीजांडांवर कांहीं चमत्कारिक कार्य घडतें, व बीजांड आणि बीजकोश हीं वाढूं लागतात.—बीजकोश वाढून त्याचें फळ होतें, हें तुम्हाला ठाऊकच आहे. तें कसकसें होतें तें पाहूं. अगदीं प्रथम काय होतें?—फुलांच्या रंगीत व सुंदर पांकळ्या कोमेजतात व कांहीं वेळानें गळतात.—कां?—त्यांचें आतां कांहीं काम राहिलेलें नसतें. नाजूक केसरांचें संरक्षण करणें व मधमाशा, फूलपांखरें वगैरेचें मन वेधणें ह्या गोष्टींची आतां जरूर राहिलेली नसते, म्हणून पांकळ्या कोमेजून गळूं लागतात.—त्याचप्रमाणें पुंकेसरांचें कार्यही आतां कांहीं राहिलेलें नसतें, म्हणून तेही

सुकून गळून जातात. फळें धरलेलीं व सुकलेलीं फुलें यांचें मुलांस स्मरण द्यावें. तीं फुलें सुकून जाऊन मेल्यासारखींच दिसतात. पण तीं मेलीं असतात काय? त्यांजकडे रोजरोज लक्षपूर्वक पाहिलें तर काय आढळतें?–फुलाचा एक भाग म्हणजे बीजकोश जीवंत असून तो दररोज थोडा थोडा वाढत आहे असें आढळतें.–बरोबर. अखेर या बीजकोशाचेंच उत्तम फळ होऊन तें पिकतें.

३. फळांचे प्रकार.

मुलांनो, तुम्ही आतांपर्यंत पुष्कळ फळें पाहिलेलीं आहेत. सर्व फळें एकसारखींच असतात काय? फळांचे प्रकार अनेक आहेत. ह्या सर्व प्रकारांची आजच तुम्हाला ओळख करून देतां येणार नाहीं. तुमच्या नेहमींच्या पाहण्यांत जीं फळें आहेत त्यांचे ठळक प्रकार कोणते दिसतात?–आंब्यासारखीं लहान मोठीं फळें, शेंगा व धान्यासारखीं फळें.–बरोबर. तूर्त इतकेच प्रकार तुम्ही लक्षांत ठेविले तरी पुरे.

४. फळाचे भाग.

आतां आपण फळाच्या भागांचा विचार करूं. हा पिकलेला आंबा पहा. ह्याचे निरनिराळे भाग कोणते?–वरची पिवळी साल, आंतील गर व बाठा.–बरोबर. पण बाठा म्हणजे काय? हा सबंध एकच आहे कीं ह्यांत कांहीं भाग आहेत? हा बाठा फोडून पहा.–कवच व कोय असे बाठ्याचे दोन भाग आहेत –बरोबर. फळांत बिया असतात व त्यांच्या भोंवतीं फळाचे दुसरे भाग असतात. बी हा फळांतला मुख्य भाग होय. तो मुख्य कसा तें मग पाहूं. बीसुद्धां आंब्याचे किती भाग आहेत? –चार. साल, गीर, कवच व कोय.–ह्याप्रमाणें प्रत्येक फळाचे चार भाग असतात काय? पाहूं या. पेरूचे भाग किती?–तीन.–कोणते?–साल, गीर व बिया.–यांत कोणता भाग नाहीं?–कवच.–शेंग हें फळच होय. ही वाटाण्याची शेंग पहा. हींत किती भाग आहेत?–दोन. शेंगेचें साल व दाणा.–भागांवरून फळांचे

प्रकार केले तर किती होतील ?–तीन.–ह्या तिन्ही प्रकारच्या फळांचीं उदाहरणें विचारून घ्यावीं, व जेथें मुलांस भाग नीट समजणार नाहींत तेथें फळ प्रत्यक्ष फोडून भाग स्पष्ट समजावून द्यावे. वस्तुतः सर्व फळांत चार भाग असावयाचेच. मात्र कांहींत साल, गीर व कवच हे भाग एकत्र मिळून जाऊन त्यांचे एक किंवा दोनच भाग स्पष्ट दिसतात इतकेंच.

५. फळाच्या भागांचीं कार्यें.

फूल, फळ व बीं ह्यांस झाडाचीं कोणतीं इंद्रियें म्हणतात ? कां ? अखेर नवीन झाड कोणापासून होतें ?–बीपासून.–अर्थात बी हा फळाचा सर्वांत महत्त्वाचा भाग होय. ह्या भागाचें कार्य कोणतें ?–नवीन झाड उत्पन्न करणें.––तर मग फळाच्या बाकीच्या भागांकडे ह्याहून निराळें कार्य असलें पाहिजे. तें कार्य काय असावें ? फुलाच्या भागांचें स्मरण द्यावें.—फळाच्या बाकीच्या भागांचें कार्य मुख्यत्वें आंतील बीचें संरक्षण करणें हें होय.––आंब्याच्या कोयीभोंवतीं हा किती मजबूद बाठा आहे पहा. त्याच्या भोंवतीं जो गीर असतो तो प्रथम पासूनच मऊ असतो काय ? आंब्यांतला गीर टणक असतो तेव्हां बाठ्याचें कवच कसें असतें ?––मऊ व नाजूक.––बाठ्याचें कवच चांगलें तयार झालें म्हणजे गीर पिकून मऊ होतो. ह्या सर्व गोष्टी मनांत आणा व फळाच्या भागांचे काय उपयोग आहेत ते पहा. साल, गीर व कवच यांचें मुख्य कार्य कोणतें ?–आंतील बीचें संरक्षण करणें.–आणि बीचें कार्य ?–नवीन झाड उत्पन्न करणें.–बीच्या बाहेरील भाग जसेच्या तसे कठीण राहिले तर बीपासून झाड उत्पन्न होण्याचे कामीं हरकत येईल हें मुलांच्या लक्षांत आणून द्यावें, व आंतील बी तयार होतांच ती मोकळी व्हावी, वरील भाग पिकावे, मऊ व्हावे, फुटावे वगैरे, म्हणून प्रत्येक फळांत काय काय तजवीज असते तें अनेक उदाहरणें घेऊन मुलांस समजावून द्यावें. सर्व शेंगा, बोंडें व घांटे वाळून आपोआप उमलतात व बीं खालीं गळतें. आंबे, पेरू, द्राक्षें वगैरे

फळें माणसें, पक्षी व इतर प्राणी खातात व त्यांचें बीं उघडें पडतें. फळांवर उत्कृष्ट रंग कां असतात ?–त्यांकडे प्राण्यांचें लक्ष वेधावें म्हणून.–पुष्कळ जातींचीं फळें प्राण्यांच्या उपजीविकेस उपयोगीं पडून त्यांच्या बिया सुरक्षित राहतात व त्यांचीं झाडें होतात.

मुलांनो, फळ, त्याचे भाग व त्यांचीं कार्यें ह्यांविषयीं तुम्हाला आज माहिती मिळाली तितकी तूर्त पुरे. पुढील पाठांत बियाबद्दल विचार करूं.

पाठ अठ्ठाविसावा.

द्विदल बीजाचे भाग व त्यांचीं कार्यें.

पाठाचें साहित्य.—भिजून मऊ झालेले, मोड फुटलेले व रुजून पानें फुटलेले वाल (किंवा पावटे) व हरबरे; सूक्ष्मदर्शक, चांगला चाकू व द्विदलबीजाच्या वनस्पतींचीं पुष्कळशीं पानें.

१. उपोद्घात.

मागील पाठाची थोडक्यांत उजळणी करावी, व फळाचा महत्त्वाचा भाग बी होय, बीपासून पुढें नवीन झाड उत्पन्न व्हावयाचें असतें वगैरे गोष्टींचें मुलांस स्मरण द्यावें. मुलांनो, फळांत जसे अनेक प्रकार आहेत, तसे त्यांच्या बीजांत देखील अनेक प्रकार आहेत. आज फक्त एका प्रकारच्या बीजांबद्दलच विचार करावयाचा आहे.

२. साल किंवा टरफल.

वाल (किंवा पावटे) तुम्हाला माहीत आहेत, व ते एका झाडाचीं बीजें आहेत, हेंही तुम्हाला ठाऊक आहे. कांहीं वेळ भिजत घातल्यामुळें फुगून मऊ झालेले हे थोडे थोडे वाल घ्या. वालासारख्या बीजांचे किती भाग असतात तें आपल्याला त्यांवरून समजेल. वाल असा दाबून डाळिंबी काढा. त्याचा कोण-

ता भाग सुटा झाला ?—साल किंवा टरफल.—ह्या सुक्या वाला-वरील सालें अशीं सहज निराळीं निघतात काय ? सालाचें मुख्य कार्य कोणतें असावें ?—बियाच्या आंतील भागास आच्छादून त्याचें संरक्षण करणें.—सालाच्या एका टोंकावर एक रेघेसारखी लांब खूण असते ती मुलांस दाखवावी. तिचा रंग सालाहून निराळा असतो. त्या खुणेला डोळा किंवा माव असेंही म्हणतात. बीजकोशाला आंतल्या बाजूस बीं जेथें चिकटलेलें असतें ती ही जागा होय. अर्थात बीं फळांत असतां त्याच्या पोषणास अवश्य लागणारा रस ह्या डोळ्यांतूनच त्याला मिळत असतो. ह्या सर्व गोष्टी मुलांस समजावून द्याव्या. चिंचोके, वाटणे, तुरीचे दाणे वगैरे देऊन त्यांवर ही खूण किंवा डोळा असतो हें दाखवावें.

३. डाळिंब्या किंवा बीजदलें.

आणखी एक वाल चिमटींत दाबून सोलवावा. आंतील भागास काय म्हणतात ?—डाळिंबी.—डाळिंबी सबंध एकच आहे काय ?—नाहीं. दोन आहेत.—त्या प्रत्येक भागाला डाळिंबीच म्हणतात. दोन डाळिंब्या मिळून दाणा होतो. प्रत्येक डाळिंबीला बीजदल असें म्हणतात. डाळिंब्या दोन असतात खऱ्या, पण त्या अगदीं सुट्या असतात काय ? त्या उकलूं लागा. डोळ्याजवळ त्या एकमेकींस जोडलेल्या असतात, व त्यांच्यामध्यें बिजागरीसारखा एक भाग असतो. डाळिंब्या सुट्या करवाव्या व त्यांमधील बिजागरीसारखा भाग दाखवावा.

४. मोख किंवा बीजांकुर.

दोन डाळिंब्यांच्या मधला हा बिजागरीसारखा दिसणारा भाग फार महत्त्वाचा आहे. तो भाग म्हणजे पुढें होणारें झाडच होय. त्याला आपण काय म्हणतों ?—मोख किंवा अंकुर.—अंकुराचे दोन भाग असतात. हे भाग सूक्ष्मदर्शकांतून पहा. ह्या दोन भागांना दोन नांवें आहेत. बीं भिजून रुजूं लागलें म्हणजे एक पांढरा दांडा बाहेर येतो त्यास तुम्ही काय म्हणतां ?—मोड.—मोड हा

मोखाच्या दोन भागांपैकीं एक होय. मोड प्रथम वाढतो व तो जमिनींत खालीं जातो. मोखाचा दुसरा भाग मागून वाढतो व तो जमिनीवर येतो. मोखाच्या ह्या दुसऱ्या भागास कोंब म्हणतात. कोंब आल्यावर त्याचें काय होतें ?–खोड व पानें.–आणि खालीं जाणाऱ्या मोडाचें काय होतें ?–मूळ.–मोड आलेले व थोडे रुजलेले वाल, हरबरे वगैरे दाखवून ह्या गोष्टी स्पष्ट कराव्या. ह्यावरून प्रत्येक बियाच्या अंकुरांत काय काय असतें ?–पुढें होणाऱ्या झाडाचें मूळ, खोड व पानें.–झाडाचीं जीवनेंद्रियें कोणतीं ?–मूळ, खोड व पानें.–अर्थात इतक्याशा लहान अंकुरांत देखील पुढें होणारें सबंध झाड असतें असें झालें. हें छोटें झाड त्याला वाढण्यास लागणाऱ्या आवश्यक गोष्टींची वाटच पाहात बसलेलें असतें, व त्या गोष्टी मिळतांच तें वाढूं लागतें. असो. मोखाचे किंवा बीजांकुराचे किती भाग आहेत ?–दोन.–त्यांचीं नांवें काय सांगितलीं ?–मोड व कोंब.–मोड व कोंब ह्यांचें काय होतें तें तुम्हाला समजलेंच.

५. बीजदलांचें कार्य.

बीजांकुर फार लहान व नाजूक असतो, व त्याच्या दोहों बाजूंस बीजदलें असतात. ह्यावरून त्यांचें कार्य काय असावें ?–बीजांकुराचें संरक्षण करणें.–बरोबर. बीजदलांना आणखीही एक महत्त्वाचें कार्य करावयाचें असतें. वाल, हरबरा वगैरेच्या डाळिंब्यांत मुख्यत्वें काय असतें ?–पीठ.–पीठ हें जसें आपलें अन्न आहे तसेंच तें झाडांचेंही आहे. रुजतेवेळीं हेंच पीठ खाऊन बीजांकुर वाढतो. बीं सुकें असतां डाळिंब्यांतील पीठ घट्ट असतें, म्हणून तें अंकुराला खातां येत नाहीं. पण डाळिंब्या भिजून मऊ झाल्या म्हणजे त्यांतील पीठ हळू हळू विरघळूं लागतें व मग तें अंकुरास शोषण करितां येतें. ह्यावरून डाळिंब्या हें बीजांकुराचें काय आहे. ?–आच्छादन व अन्न.–बरोबर.

६. द्विदल बीजें.

मुलांनो, वाल, हरबरा, चिंचोका इत्यादि बीजांत दोन डाळिंब्या असतात म्हणून त्यांना द्विदल बीजें म्हणतात. द्विदल बीजांचीं आणखी उदाहरणें विचारावीं. लहान मोठीं द्विदल बीजें मुलांजवळ देऊन त्यांचें निरीक्षण करवावें, व प्रत्येक बीजाचे सर्व अवयव दाखवून घ्यावे.

७. द्विदल बीजांच्या वनस्पति.

मुलांनो, प्रत्यक्ष बीं न पाहतां तें द्विदल आहे कीं काय हें तुम्हाला ओळखितां येईल काय ?—नाहीं.--वनस्पतीचें बीं द्विदल आहे कीं काय हें ओळखण्याची एक खूण आहे. शिरांच्या रचनेवरून पानांचे किती प्रकार होतात ?—दोन.—कोणते ?—शिरांचें जाळें असलेलीं पानें व समांतर शिरा असलेलीं पानें.—पानांच्या शिरांत असा भेद कां हें तुम्हाला तेव्हां कळलें नव्हतें. पण ह्या भेदांत मोठा अर्थ आहे. ज्या वनस्पतीच्या पानाच्या शिरांचें जाळें असतें, त्या वनस्पतीचें बीं द्विदल असतें असा नियम आहे. द्विदल बीजांच्या झाडांचीं पानें दाखवून ही गोष्ट मुलांच्या अनुभवास आणून द्यावी.

मुलांनो, सर्व वनस्पतींचीं बीजें अशीं द्विदल नसतात. द्विदल नसलेल्या बीजांचा विचार आपण पुढें करूं.

पाठ एकोणतिसावा.

द्विदल बीजाचें रुजणें.

पाठाचें साहित्य.—कांहीं कुंड्या किंवा परळ, स्वच्छ धुतलेली वाळू, माती, पाणी, पांच सहा प्रकारचें द्विदल बीं व रुजत घातलेल्या बियांच्या निरनिराळ्या मुदतीच्या स्थिति.

पूर्व तयारी.—हा पाठ देण्यापूर्वीं सुमारें दहा दिवस कांहीं कुंड्या किंवा परळ घेऊन त्यांपैकीं कांहींत धुतलेली स्वच्छ वाळ

व कांहींत माती घालावी. नंतर दररोज माती घातलेल्या व वाळू घातलेल्या एकेका कुंडींत चार पांच प्रकारच्या द्विदल बीजांचे कांहीं दाणे रुजत घालून त्यांत पाणी घालावें. कोणत्या कुंडींत कधीं दाणे रुजत घातले हें कळण्याकरितां कुंड्यांवर खडूनें तारीख घालावी किंवा दुसरी कांहीं खूण करावी. हा क्रम प्रथम पांच सहा दिवस व शेवटीं एक दोन दिवस सुरू ठेवावा. हें सर्व काम शिक्षकानें आपल्या नजरेखालीं पण मुलांकडूनच करवावें. बीं रुजत घातल्यापासून सर्व कुंड्यांस दररोज अवश्य तितकें पाणी घालवावें, व प्रत्येक कुंडींत रुजत घातलेल्या बीजांत काय काय फरक पडत चालला आहे त्याचें मुलांकडून बारकाईनें निरीक्षण करवावें. मुलांनीं दररोज ज्या गोष्टी पाहिल्या त्यांचें त्यांजकडून तारीखवार टिप्पण लिहवावें व साधल्यास बीजांच्या रोजच्या निरनिराळ्या स्थितींचीं त्यांजकडून चित्रें काढवून तीं रंगवून घ्यावीं. टिप्पणें करून चित्रें काढणें व तीं रंगविणें हें काम पहिल्या दिवशीं रुजत घातलेल्या बजिांसंबंधानें मात्र करवावें. पुढल्या चार पांच दिवसांत रुजत घातलेल्या बीजांची स्थिति पहिल्या दिवशींच्या बीजांसारखीच होत जाते, म्हणून त्यांचीं निराळीं टिप्पणें वगैरे करण्याची आवश्यकता नाहीं. पाठाच्या वेळीं उपयोग व्हावा म्हणून त्या कुंड्या तयार करावयाच्या. याप्रमाणें मुलांकडून निरीक्षण वगैरे करविणें नच जुळेल तर, निरनिराळीं द्विदल बीजें रुजत घातल्यापासून त्यांची सात आठ दिवसांतील वाढ कसकशी होते तें दाखविण्याकरितां पाठ देण्यापूर्वीं लागोपाठ सात आठ दिवस निरनिराळीं बीजें रुजत घालून ठेवावीं, व त्यांच्या स्थिति पाठाचे वेळीं दाखवाव्या.

१. उपोद्घात.

मागील पाठाची उजळणी करावी. द्विदल बजिाच्या दोहों डाळिंब्यांच्या मध्यें जो बीजांकुर असतो तो वाढून त्याचें झाड कसें बनतें तें आतां पाहूं. बीं कसें रुजतें ह्या गोष्टीचें निरीक्षण मुलांकडून करविलें असल्यास त्याची त्यांस आठवण द्यावी, मु-

लांनीं टिप्पणें केलीं असतील त्याचा गोषवारा एकत्र करून ठळक गोष्टी क्रमानें फळ्यावर लिहाव्या, आणि मुलांनीं चित्रें काढिलीं व तीं रंगविलीं असतील तर तीं त्यांस दाखवावीं.

२. बीं रुजणें.

भिजून फुगलेले वाल किंवा दुसरें बीं मुलांस द्यावें, व त्याचें निरीक्षण करवावें. बीं भिजत घातल्यानें काय काय होतें ?–बीं फुगून त्याच्या वरचें साल ताणत जातें व शेवटीं फाटतें.–साल फाटून डाळिंबी थोडी बाहेर पडली आहे असे वाल मुलांस दाखवावे. वालाचें साल भिजून ताणूं लागतें, व आंतील दाणा फुगूं लागतो, त्यावेळीं त्याच्या आंतील अंकुराला ओलावा व ऊब मिळून, तो जणूं कांहीं झोंपेंत असतो तो जागा होतो व बाहेर डोकावूं लागतो ! आंतला अंकुर वाढून त्याला आंतली जागा पुरेनाशी होते, व तो बाहेर येऊं लागतो तेव्हां वालाचें वरचें साल फाटतें. बीजांतला अंकुर जिवंत असतो, तरी त्याला ओलावा मिळेपर्यंत तो जिवंत असल्याचें कांहीं देखील चिन्ह दिसत नाहीं. ह्या गोष्टी मुलांच्या मनांत नीट भरवाव्या.

३. रुजणाऱ्या बियाचीं रूपांतरें.

रुजत घातलेलें निरनिराळ्या प्रकारचें बीं मुलांस दाखवावें, रुजणाऱ्या बियांच्या एकापुढें एक होत जाणाऱ्या स्थिति क्रमानें दाखवाव्या, व त्यांवरून पुढील गोष्टी नीट समजावून द्याव्या. बियास प्रथम फुटलेल्या मोडाची कसकशी वाढ होत गेली तें पाहण्यास सांगावें. मोड हें पहिलें साधें व फार लहान मूळ होय. हें जमिनींत खालच्या बाजूस शिरतें. नंतर तें जसजसें वाढत जातें तसतशीं त्याला पाळें फुटतात व तीं सभोंवतीं पसरतात. ह्यांचींच पुढें जाडीं, मोटीं व लाकडासारखीं तंतुमय मुळें व पाळें बनतात. बियांतील अंकुराचा दुसरा भाग कोंब तो वरच्या बाजूस येऊन क्रमानें कसकसा वाढत जातो, व त्याला पानें कसकशीं फुटत जातात, हें प्रत्यक्ष दाखवावें.

४. डाळिंब्यांचें कार्य.

बीजांतील अंकुर वाढूं लागण्यास कोणती गोष्ट अवश्य लागते?–त्याला ओलावा व अवश्य तितकी उष्णता पाहिजे असते. –झाडांचें मुख्य भक्ष्य कोणतें?–पाणी व खनिज पदार्थ.–हें त्यांना कोठून मिळतें?–जमिनींतून.–वाळूंत पेरलेलें बीं दाखवावें. तेंही मातींत पेरलेल्या बियाप्रमाणेंच रुजतें. वाळू स्वच्छ धुतलेली असून त्यांत मातीचा अंश मुळींच नव्हता. मग त्यांत रुजत घातलेल्या बियाला भक्ष्य कोठून मिळालें? शिवाय बीं रुजत घातलें तेव्हां त्यांतील अंकुराला मातींतून भक्ष्य शोषून घेण्याला मुळेंपाळें कोठें असतात? अर्थात अंकुर रुजत असतां त्याला बाहेरील भक्ष्य घेतां येत नाहीं, व त्याची त्याला जरूरही नसते. वाढणाऱ्या अंकुरास आवश्यक असलेलें अन्न डाळिंब्यांत सांठविलेलें असतें. डाळिंब्या भिजून मऊ होतात व त्यांतील अन्न विरघळूं लागतें. हें विरघळलेलें अन्न अंकुर शोषण करून घेतो. बीजांकुराचा मोड वाढून व त्याला पाळें फुटून तीं जमिनींतील अन्न शोषून घेण्याजोगीं होईपर्यंत डाळिंब्यांतील अन्नावरच बीजांकुराचें पोषण होत असतें. डाळिंब्यांतील अन्न संपलें, व मुळें जमिनींतून अन्न घेऊं लागलीं, म्हणजे डाळिंब्या गळून पडतात. रुजणाऱ्या बियाच्या निरनिराळ्या स्थिति प्रत्यक्ष दाखवून ह्या गोष्टी मुलांस नीट समजावून द्याव्या.

पाठ तिसावा.

एकदल बीजाचे भाग व त्यांचीं कार्यें.

पाठाचें साहित्य.—थोडेसे भिजलेले वाल, थोडे भिजलेले व भिजून मोड फुटलेले मक्याचे किंवा गव्हाचे दाणे, मक्याचे किंवा गव्हाचे सुके दाणे, चाकू, एकदलबीज वनस्पतींचीं पानें व द्विदलबीज वनस्पतींचीं पानें.

१. उपोद्घात.

मागील दोन पाठांची थोडक्यांत उजळणी करावी, व कोणत्या बीजांस द्विदल बीजें म्हणतात, द्विदल बीजांचे मुख्य भाग कोणते आणि त्यांचें कार्य काय ह्या गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या.

२. एकदल बीजाचें स्वरूप.

चार पांच दिवसांपूर्वी भिजत घातलेले मक्याचे किंवा गव्हाचे दाणे मुलांजवळ द्यावे व ते ओळखून घ्यावे. मक्याचे दाणे मोठे असल्यामुळें ते घेणें सोईचें. हे मक्याचे सुके दाणे पहा. हे चाकूनें नीट कापितां येतील काय? कां नाहीं?—ते कठीण व ठिसूळ आहेत.—हे मक्याचे ओले दाणे चाकूनें मधोमध उभे चिरतों. हीं अर्धुकें नीट पहा व त्यांत विशेष काय आढळतें तें सांगा.—मक्याच्या दाण्याच्यामध्यें एक निराळाच भाग दिसतो. तोही चिरला गेला आहे.—मध्यभागीं दिसणाऱ्या भागाचीं अर्धुकें चाकूनें हळूच काढितों. हा मधला भाग सोडिला तर दाण्याचा बाकीचा भाग एकसारखाच दिसत आहे. ह्यावरून मक्याच्या दाण्याचे मुख्य भाग किती आहेत?—दोन.—कोणते?—दाण्याच्या वरच्या बाजूस मध्यें असणारा भाग व भोंवतालचा सर्व दाणा.—मुलांनो, खरें म्हटलें तर मक्याचा दाणा हें कांहीं बीं नव्हे; तर तें सबंध फळ आहे, व दाण्याच्या मध्यभागीं जो तुम्हाला निराळा भाग दिसला तेंच त्या फळांतलें खरें बीं होय. ही गोष्ट तुम्हाला आतां नीटशी कळणार नाहीं. ती तुम्हाला पुढें कळेल. मक्याच्या दाण्याप्रमाणें जीं बीजें असतात तीं वस्तुतः फळें होत, व त्यांच्या आंत खरें बीं असतें, इतकें तूर्त लक्षांत ठेवा म्हणजे पुरे. मक्याच्या दाण्याप्रमाणें जे दाणे असतात त्यांना सोईकरितां आपण एथें बीजेंच म्हणूं.

३. एकदल बीजाचे भाग.

हे मक्याचे भिजलेले दाणे घेऊन त्यांतलें बीं निराळें काढा, तें नीट निरखून पहा, व तें कसें आहे तें सांगा.—ह्याचे दोन भाग

आहेत.–हें खरोखर बीं आहे. तरी त्याला आपण सोईकरितां बीजांकुर म्हणूं. द्विदल बीजाचे किती भाग असतात ?–तीन.–कोणते ?–साल, डाळिंब्या व बीजांकुर.–साल व डाळिंब्या ह्यांचें मक्याच्या दाण्याच्या कोणत्या भागांशीं साम्य दिसतें ?–दाण्यावरचें साल व दाण्याचा पिठूळ भाग ह्यांशीं.–आणि बीजांकुराशीं कोणाचें साम्य दिसतें ?–मक्याच्या दाण्यांतील मधल्या भागाचें.–म्हणूनच ह्याला आपण बीजांकुर म्हणण्याचें ठरविलें आहे. द्विदल बीजाच्या बीजांकुराचे भाग किती असतात?–दोन.–कोणते?–मोड व कोंब.–मोड कशाला म्हणतात ? कोंब कशाला म्हणतात ? मक्यासारख्या दाण्यांतील बीजांकुराच्या [वस्तुतः बीजाच्या] दोन भागांनाही हींच नांवें आहेत. यांपैकीं जमिनींत कोणता जातो ? व वरतीं कोणता येतो ? यावरून मक्यासारख्या दाण्यांतील बीजांकुर [वस्तुतः खरें बीज] व त्याचे भाग यांचें कार्य काय तें तुम्हाला समजलेंच.

आतां मक्याच्या बीजांकुराच्या (खऱ्या बीजाच्या) भोंवतालच्या भागाकडे लक्ष द्या. द्विदल बीजांतील बीजांकुराचें संरक्षण कोण करितें ?–डाळिंब्या.–मक्याच्या दाण्यांतील बीजांकुराचें संरक्षण कोण करितें?–मक्याचा दाणा.–मक्याच्या दाण्यांत दोन डाळिंब्या म्हणजे दळें नाहींत. तो सर्व मिळून एकच भाग आहे. द्विदल बीजांच्या डाळिंब्यांकडे कोणतें कार्य असतें ?–डाळिंब्या दोन कार्यें करितात. एक आंतील बीजाचें संरक्षण व दुसरें रुजते वेळीं बीजांकुराचें पोषण.–मक्यासारख्या दाण्यांतील भोंवतालचा भागही हींच दोन कार्यें करितो.

४. एकदल बीजें.

वाल, हरबरे इत्यादि बीजांच्या दोन डाळिंब्या किंवा दलें असतात. त्यांना आपण कोणतें नांव दिलें ?–द्विदल.–मग मक्यासारख्या दाण्यांना काय नांव द्यावें ?–एकदल बीजें.–एकदल बीजांचीं कांहीं नांवें सांगा.

५. एकदल बीजाच्या वनस्पति.

प्रत्यक्ष बीं न पाहतां एकाद्या वनस्पतीचें बीं द्विदल आहे कीं काय हें कसें ओळखावें?–तिच्या पानांवरून.–द्विदलबीज वनस्पतींच्या पानांत काय खूण असते ?–त्यांच्या पानांत शिरांचें जाळें असतें.–आतां मका, गहूं, भात, ह्यांच्या पानांतील शिरा पहा. कशा आहेत ?–त्यांच्या पानांतील शिरा समांतर आहेत.–मका, गहूं, भात ह्यांचीं बीजें कशीं आहेत ?–एकदल.–तर मग एकदलबीज वनस्पतींच्या पानांच्या शिरा कशा असतात असें समजलें ?–एकदलबीज वनस्पतींच्या पानांच्या शिरा समांतर असतात ?–ताड, माड, शिंदी, केळ, सर्व प्रकारचें गवत, ऊंस, बांबू ह्यांच्या पानांतील शिरा कशा असतात ? पानें पाहून सांगा.–ह्या सर्वांच्या पानांतील शिरा समांतर आहेत.–ह्यावरून ह्या वनस्पति कशा असल्या पाहिजेत ?–एकदलबीज.--बरोबर.

मुलांनो, एकदलबीजाचें स्वरूप, त्याचे भाग व त्यांचीं कार्यें ह्या गोष्टी आज तुम्हाला समजल्या. एकदलबीज रुजतें कसें तें पुढील पाठांत पाहूं.

पाठ एकतिसावा.

एकदल बीजाचें रुजणें.

पाठाचें साहित्य.—कांहीं कुंड्या किंवा परळ, धुतलेली स्वच्छ वाळू, माती, पाणी, पांच सहा प्रकारचें एकदल बीं व रुजत घातलेल्या बियांच्या निरनिराळ्या मुदतीच्या स्थिति.

पूर्व तयारी.—एकोणतिसाव्या पाठाच्या पूर्व तयारींत लिहिल्याप्रमाणेंच ह्या पाठाकरितांही पूर्व तयारी करावी. फक्त ह्या पाठाच्या तयारीकरितां द्विदल बीजांऐवजीं चार पांच प्रकारचीं एकदल बीजें घ्यावीं.

१. उपोद्घात.

मागील पाठाची उजळणी करावी. एकदल बीज कसें रुजतें ह्या गोष्टीचें मुलांकडून निरीक्षण करविलें असल्यास त्याची त्यांस आठवण द्यावी, मुलांनीं टिप्पणें केलीं असतील त्याचा गोषवारा एकत्र करून त्यांतील ठळक गोष्टी क्रमानें फळ्यावर लिहाव्या, आणि मुलांनीं चित्रें काढिलीं व तीं रंगविलीं असतील तर तीं त्यांस दाखवावीं.

२. बीं रुजणें.

द्विदल बीज कसें रुजतें तें विचारावें. एकदल बीज सुद्धां त्याचप्रमाणें रुजतें. एकदल बीजांतील अंकुरही झोंपीं गेल्याप्रमाणें स्वस्थ असतो. पण त्याला ओलावा व उष्णता हीं पुरेशीं मिळतांच तो जागा होऊन वाढूं लागतो. ह्या गोष्टी मुलांस समजावून द्याव्या, व त्यांचें द्विदल बीजाच्या रुजण्याशीं साम्य दाखवावें.

३. रुजणाऱ्या बियांचीं रूपांतरें.

रुजत घातलेल्या बियांच्या निरनिराळ्या स्थिति दाखवाव्या. द्विदलबीजांच्या स्थितीशीं त्यांची तुलना करवून त्या दोहोंतील साम्य मुलांच्या लक्षांत आणून द्यावें.

४. दाण्याचें कार्य.

द्विदल बीज रुजत असतां त्याच्या डाळिंब्या कोणतें कार्य करीत असतात ? एकदलबीजाच्या दाण्यांत जो पिठूळ भाग असतो, तो ओलाव्यानें मऊ होऊन विरघळूं लागतो. ह्या विरघळलेल्या भागापासून बनलेला पातळ रस दाण्यांतील अंकुर शोषून घेऊन वाढूं लागतो. अंकुराचा मोड जमिनींत जाऊन तो जमिनींतील अन्न शोषून घेण्याजोगा होईपर्यंत बीजांकुराचें पोषण दाण्यांतील अन्नरसावरच होतें. म्हणजे डाळिंब्या व दाणा ह्यांचें कार्य एकच आहे. ह्या गोष्टी मुलांस नीट समजावून द्याव्या व डाळिंब्या व दाणा ह्यांचें सर्व प्रकारें साम्य दाखवावें. द्विदलबीजांच्या अंकुरांपेक्षां एकदलबीजांच्या अंकुरांस जमिनींतून लव-

कर अन्न शोषून घ्यावें लागतें, म्हणून द्विदलबीजांप्रमाणें एक-दलबीजांच्या मोडाचा एकच फांटा जमिनींत न शिरतां अनेक फांटे जमिनींत शिरतात व त्यांस पाळें फार लवकर फुटतात. एकदल व द्विदल बीजांच्या मोडांच्या वाढींमधील हा फरक रुजणारीं बीजें मुलांस प्रत्यक्ष दाखवून त्यांच्या लक्षांत आणून द्यावा.

पाठ बत्तिसावा.

बेडकाची शरीररचना व भक्ष्य.

पाठाचें साहित्य.—जीवंत बेडूक, बेडकाचें मोठें चित्र, पाण्याचें मोठें भांडें, बेडकाचा सांपळा किंवा त्याचें चित्र, बेडकाच्या जिभेचें व त्याच्या भक्ष्य धरण्याच्या तऱ्हेचें चित्र, बेडकाचें कातडें, स्पंज, जीवंत गांडवळ आणि पाणी.

१. शरीररचना.

एक जीवंत बेडूक व बेडकाचें मोठें चित्र दाखवावें, आणि संभाषणरूपानें बेडकाचें वर्णन मुलांकडून काढून घ्यावें.

१. डोकें.—शरीराच्या मानानें बेडकाचें डोकें मोठें व पसरट असून त्याचा आकार साधारणतः त्रिकोणी असतो. बेडकाचें डोकें त्याच्या खांद्यांवर टेंकल्याप्रमाणें असतें. त्याला मान किंवा गळा नसतो. अतिशय रुंद तोंड व फार मोठे गटगटीत डोळे ह्यांकडे मुलांचें लक्ष लावावें. डोळ्यांच्या भोंवतालच्या सोनेरी कडांनीं जणू कांहीं बेडकानें सोनेरी काड्यांचा चष्माच लाविला आहे असें दिसतें. डोक्याचा बहुतेक भाग डोळ्यांनींच व्यापिलेला असतो, ह्यामुळें बेडकाच्या डोक्यांत मेंदु फारच लहान असतो. बुद्धिमत्तेच्या कामांत बेडूक फार कमी दिसतो ह्याचें कारण काय असावें ? बेडकाचें तोंड उघडून दाखवावें. (जीवंत बेडकाचें तोंड उघडून दाखविणें बरेंच कठीण आहे. ह्यास्तव हा पाठ देण्यापूर्वीं अगर नंतर सवडीप्रमाणें मेले-

ला बेडूक आढळल्यास त्याचे दांत दाखवावे. मुद्दाम एवढ्याकरितां बेडूक मारणें योग्य व आवश्यक नाहीं.) त्याच्या वरच्या जावाडांत बारीक व अणकुचीदार दांत असतात, पण खालच्या जावाडांत मुळींच दांत नसतात. बेडकाच्या तोंडांतील चमत्कारिक अवयव त्याची जीभ हा होय. बेडकाच्या जिभेचें चित्र किंवा फळ्यावरील आकृति दाखवावी. [आकृति १८पहा.] मनुष्यासुद्धां बहुतेक सर्व प्राण्यांची जीभ कोठें चिकटलेली असते ? —तोंडाच्या मागच्या भागीं, गळ्यांत.—पण बेडकाची जीभ तोंडाच्या पुढल्या शेवटाशीं चिकटलेली असून तिचें टोंक उलटें गळ्यांत जातें. बेडकाला पाहिजे तेव्हां आपली जीभ बाहेर काढितां येते, व ती पुढें चिकटलेली असल्यामुळें बाहेर लांब निघते. अशा जिभेचा बेडकाला आपलें भक्ष्य धरण्याचे कामीं फार उपयोग होतो. कसा तो चित्रावरून किंवा फळ्यावरील आकृतीवरून दाखवावा. [आकृति१९ पहा.]

२. **शरीर**.—बेडकाच्या शरीरांत बांधेसूदपणा नसतो. तें जाड व चापट असें दिसतें. बेडकाच्या हाडांचा सांगाडा किंवा त्याचें चित्र दाखवावें. मेलेला बेडूक पुरून ठेविल्यास त्याचा सांगाडा सुमारें एक महिन्यानंतर काढण्याजोगा होतो. बेडकास फांसळ्या असतात काय ?— मधल्या कण्यास दोहों बाजूंस फांटे असतात. पण इतर प्राण्यांप्रमाणें फांसळ्या नसतात.—बरोबर.

३. **त्वचा**.—वरच्या अंगानें बेडकाचा रंग हिरवट तपकिरी असतो व खालच्या अंगानें पिवळसर पांढुरका असतो. हवामान व जमीन ह्यांप्रमाणें बेडकाचा रंग बदलतो. बेडकाची त्वचा फार सच्छिद्र असते, व ती स्पंजाप्रमाणें पाणी शोषिते. बेडकाचें चामडें मिळाल्यास दाखवावें. बेडकास कोरड्या जागीं कांहीं वेळ ठेविलें, तर त्याची त्वचा वाळून आवळते व ताठ होते. यावेळीं बेडूक सुकून चापट होतो व फार वाईट दिसतो, आणि त्याच स्थितींत आणखी कांहीं वेळ ठेविल्यास मरतो. परंतु अगदीं सुकलेला बेडूक ओलाव्याच्या जागीं नेल्यास तो थोड्याच वेळांत

हुशार व टवटवीत होतो. बेडकाला ऊन किंवा उष्णता हीं कां सहन होत नाहींत व आवडत नाहींत ? उन्हाळ्यांत बेडूक फारसे कां दिसत नाहींत ? त्यावेळीं ते कोठें बसतात ?–ओलाव्याच्या जागीं व चिखलाच्या खालीं.–आपल्यास नेहमीं बेडूक कोठें आढळतात ?–नदी, तळें, विहीर, ओढण इत्यादिकांच्या कांठीं.–बरोबर. बेडकाची त्वचा बाहेरून नेहमीं ओलसर, चिकट व बुळबुळीत असते हें दाखवावें.

४. **पाय व पावलें.**—बेडूक नेहमींच्या स्थितींत बसलेला दाखवावा. मागच्या व पुढच्या पायांच्या लांबीची तुलना करवावी. मागचे पाय फारच लांब व पुढचे अगदीं आखूड असतात. कां? मागच्या पायांना किती बोटें असतात ?–पांच.–पुढच्या पायांस ?–चार.–बेडूक कसा चालतो ?–उड्या मारीत.–बेडूक जमिनीवर सोडून उड्या मारितांना दाखवावा. बेडूक उड्या मारितांना आपले मागले लांब पाय व त्यांचीं लांब बोटें ह्यांचा कसा उपयोग करितो तें दाखवावें. मागच्या पायांचीं बोटें कशीं आहेत पहा.–पातळ चामड्यानें सांधिलेलीं.–त्यांचा उपयोग?–बेडकास पोहण्याचे कामीं होतो.–बेडूक पाण्यांत सोडून तो कसा पोहतो तें दाखवावें. बेडकास ओलसर जमीन व पाणी हीं सारखींच आवडतात.

२. भक्ष्य.

बेडूक काय खातो ?—किडे माशा वगैरे.–जीवंत लहान कीटक, माशा, गोगलगायी, गांडवळें, पाण्यांतील कवड्या, लहान शिंपा वगैरे प्राण्यांवर बेडूक हल्ला करितो. बागेंत बेडूक असण्यानें काय फायदा आहे ? बेडकाची भक्ष्य धरण्याची तऱ्हा मोठी गमतीची आहे. लहान प्राणी स्वस्थ बसलेले असतांना तो त्यांस धरीत नाहीं. जेव्हां ते हालतात, चालतात तेव्हां बेडूक त्यांस धरितो. तो आपलें भक्ष्य सबंध गिळितो. त्यास भक्ष्य चावण्यास किंवा तें फाडण्यास दांतांची जरूर असते काय ? मग दांतांचा उपयोग काय ? गांडवळासारखा मोठा प्राणी गि-

ळण्याचा बेडूक जेव्हां प्रयत्न करितो, तेव्हां तें सुटून जाऊं नये म्हणून त्यास रोंवण्यास व दाबून धरण्यास बेडकाला दांतांचा उपयोग होतो. या वेळीं बेडूक आपल्या चारी पायांच्या पंजांनीं गांडवळ वगैरेस तोंडांत कोंबितो. बेडकापुढें गांडवळ टाकून हा प्रकार दाखवावा. भक्ष्य धरण्याचे कामीं बेडूक आपल्या दांतांचा व पंजांचा उपयोग करीत असला तरी त्याचें भक्ष्य धरण्याचें मुख्य साधन त्याची मांसाळ जीभ हें होय. जीभ हा बेडकाचा माशा धरण्याचा सांपळाच म्हणावयाचा. बेडकाच्या जिभेवर पातळ व चिकट पदार्थांचा जाड थर असतो. त्याला माशीचा स्पर्श झाला कीं ती तेथून सुटतच नाहीं. भक्ष्य धरण्याकरितां बेडूक कसा टपून बसतो, भक्ष्य आटोक्यांत येण्याबरोबर तो झटकन आपली जीभ कशी बाहेर काढितो, व पुन्हा लागलीच तोंडांत कशी नेतो, हें मुलांस सांगावें. बेडकाची जीभ नुसतीच तोंडांत परत जाते काय ?—नाहीं. भक्ष्यासुद्धां जाते.—बेडूक माशी कशी धरितो हें प्रत्यक्ष किंवा चित्रांत दाखवावें. [आकृति १८, १९ व २० पहा.]

बेडकाविषयीं आणखी विचार पुढील पाठांत करूं.

पाठ तेहेतिसावा.

बेडकाची श्वासोच्छ्वासक्रिया.

पाठाचें साहित्य.—जीवंत बेडूक, बेडकाच्या सांगाड्याचें चित्र व मिळाल्यास प्रत्यक्ष सांगाडा.

१. उपोद्घात.

मागील पाठाची थोडक्यांत उजळणी करावी, व बेडकाची शरीररचना, त्याच्या संवयी व वागणूक, आणि त्याचें भक्ष्य ह्यांविषयींची माहिती मुलांकडून काढून घ्यावी.

२. बेडूक श्वासोच्छ्वास कसा करितो.

आपली व आपल्या भोंवतालच्या प्राण्यांची श्वासोच्छ्वास करण्याची तऱ्हा कशी आहे हें संक्षेपानें सांगावें. आपल्या उराच्या फांसळ्यांनीं एक पेटीच बनलेली आहे, व ह्या पेटींत आपलीं फुप्फुसें आहेत. आपल्या फांसळ्या एकसारख्या वर खालीं होत असतात. फांसळ्या वर उचलल्या म्हणजे उरांतली पोकळी वाढते व तींत तोंड व नाकपुड्या ह्यांवाटे हवा शिरते. फांसळ्या खालीं झाल्या म्हणजे उरांतली पोकळी कमी होते व आंत भरलेली हवा नाकपुड्यांवाटे बाहेर पडते. ह्यालाच आपण श्वासोच्छ्वास म्हणतों. श्वासोच्छ्वास एकसारखा सुरू असतो व तो करण्यास आपल्याला कांहीं आयास पडत नाहींत.

आतां बेडकाची श्वासोच्छ्वास करण्याची काय तऱ्हा आहे ती पाहूं. बेडकास फांसळ्या आहेत काय ?—नाहींत.—अर्थात आपल्या उराप्रमाणें बेडकाचा ऊर श्वास घेण्याकरितां फुगणार नाहीं. त्याला हवा तर आंत घ्यावीच लागते. ती त्यानें कशी घ्यावी ? ती आपोआप आंत शिरत नाहीं, म्हणून आपण पाण्याचे घोट पितों त्याप्रमाणें बेडकाला हवेचे घटाघट घुटके गिळावे लागतात. बेडूक आपलें तोंड मिटतो, व नाकपुड्यांवाटे हवा आंत घेऊन मोठ्या जोरानें तिचा घुटका गिळतो. हें कसें तें मुलांस प्रत्यक्ष करून पाहण्यास सांगावें. अशा रीतीनें श्वास घेतांना पुष्कळशी हवा बेडकाच्या पोटांत जाते असें नाहीं. बेडूक आपल्या ओलसर व सच्छिद्र त्वचेवाटे श्वासोच्छ्वास करितो. त्वचेंतून पुरेशी हवा आंत जात नाहीं. म्हणून नाकपुड्यांवाटे तो जी हवा आंत घेतो तिनें त्वचेवाटे होणाऱ्या श्वासोच्छ्वासास मदत होते. म्हणजे बेडकाची श्वासोच्छ्वासाची क्रिया नाकावाटे व त्वचेवाटे अशी दोहों प्रकारांनीं चालते. उन्हाळ्यांत चोहोंकडे खरखरीत होऊन जातें, व बाहेर बेडकांचें भक्ष्यही मिळेनासें होतें. अशा वेळीं बेडूक बाहेर राहूं शकतील काय ?—नाहीं.—यावेळीं ते आपल्याला बोढणांत व इतर ओलाव्याच्या जागीं चिखला-

खालीं पुरून घेतात, व झोंपीं जातात. नंतर बेडूक केव्हां बाहेर पडतात ?–आगोठ लागून एकादा मोठा पाऊस पडतांच बेडूक जिकडे तिकडे बाहेर पडतात.–बेडूक बाहेर पडलेले आपल्याला कसें समजतें ?–त्यांच्या ओरडण्यावरून.–बेडूक पाण्याच्या तळाशीं किंवा चिखलाच्या तळाशीं बसतो तेव्हां त्याचा श्वासोच्छ्वास त्वचेवाटे मात्र चालतो. पाण्यांत असतां बेडकाला नाकपुड्यांवाटे फुप्फुसांत हवा घेतां येत नाहीं. नाकपुड्यांवाटे व त्वचेवाटे दोहों मार्गांनीं श्वासोच्छ्वास चालू असला तरी फारच थोडी हवा बेडकाच्या शरीरांत जाते, यामुळें त्याच्या शरीरावर काय परिणाम घडतो तें पाहूं.

आपलें शरीर हातास कसें लागतें ?–ऊन.–आपलें शरीर गरम असण्याचें कारण आपल्या शरीरांतील रक्त गरम असतें हें होय. आपलें रक्त उष्ण कां असतें ह्याबद्दल तुम्हाला पुढें माहिती मिळेल. तूर्त इतकें लक्षांत ठेवा कीं, आपण श्वासावाटे जी पुष्कळशी हवा आंत घेतों, त्या हवेपासूनच आपल्या शरीरांत उष्णता उत्पन्न होते. तुम्ही खूब धावलांत किंवा खूब श्रमाचें काम केलेंत तर काय होतें ? कोण सांगतो ?–खूब धावल्यानें किंवा श्रम केल्यानें दम लागतो व आंग तापून घाम येतो.–बरोबर. दम लागला म्हणजे काय होतें ?–श्वासोच्छ्वास जोरानें व लवकर लवकर चालूं लागतो.–श्वासोच्छ्वास जोरानें चालूं लागला म्हणजे पुष्कळ हवा पोटांत जाते, व म्हणून आंग जास्त गरम होतें. बेडकाच्या पोटांत श्वासावाटे अगदींच थोडी हवा जाते त्यामुळें काय होतें ?–त्याचें रक्त व म्हणून अंग अगदीं थंड असतें.–बेडकाला शीतरक्त प्राणी म्हणतात. कां ? उष्णरक्त प्राण्यांना आपल्या शरीरांत नियमित उष्णता राखावीच लागते. तशी जरूर बेडकाला नाहीं. म्हणून बेडकाच्या अंगावर केस वगैरे कांहीं नसतें. आपण आपल्या शरीरांत बेताची उष्णता राखण्यास हिंवाळ्यांत काय करितों ? आणि उन्हाळ्यांत ? बेडूक उन्हाळ्यांत काय करितात ?

पाठ चौतिसावा.

बेडकाचीं रूपांतरें.

पाठाचें साहित्य.—बेडकाचीं ताजीं अंडीं, निरनिराळ्या स्थितींत असलेलीं बेडकाचीं पोरें, बेडकाचें अंडें व पोर यांच्या निरनिराळ्या स्थितींचें चित्र किंवा फळ्यावरील आकृति, जीवंत मासा, (मासा, बेडकाचीं पोरें व अंडीं पाण्यांत ठेवावीं.) भिजलेले साबूदाणे, मिळाल्यास पिकलेल्या पोपयाच्या बिया, सुमारें दहा काचपात्रें, (इतकीं न मिळाल्यास निदान एक घ्यावें.) चमचा, पाणी, सूक्ष्मदर्शक व एकाद्या जनावराची कांत.

१. उपोद्घात.

मागील दोन पाठांतल्या मुख्य गोष्टींची उजळणी करावी. मुलांनो, मागील दोन पाठांत बेडकाविषयीं पुष्कळ माहिती समजली. पण तुम्ही जे बेडूक पाहतां ते पहिल्यापासून तसेच असतात काय ? लहान मुलांचीं मोठीं माणसें होतात. पशुपक्ष्यांच्या पोरांचे मोठाले पशुपक्षी होतात. त्यांच्यांत आकाराच्या लहानमोठेपणाखेरीज फारसा फरक नसतो. परंतु बेडकाची गोष्ट फार निराळी आहे. बेडकानें आपल्या जन्मापासूनची हकीकत जर तुम्हाला सांगितली, तर ती ऐकून तुम्हाला फारच आश्चर्य व कौतुक वाटेल. पण बेडकाला वाचा नाहीं. म्हणून आपणच थोडासा शोध करून त्याची हकीकत समजावून घेण्याचा यत्न करूं.

२. अंडें.

बेडकाला पाणी फार आवडतें, व त्याचा पुष्कळसा वेळ पाण्यांतच जातो. बेडूक आपलीं अंडीं कोठें घालीत असावे ?—पाण्यांत.—बेडकानें अंडीं घातल्यावर तीं पाण्यावर तरंगत राहतात. बेडूक आपलीं अंडीं उथळ पाण्यांत बहुधा कांठांशीं घालितात, व त्यांस तेथेंच टाकून चालते होतात. बेडकाचीं अंडीं प्रत्यक्ष दाखवावीं व त्यांचें वर्णन करवावें. अंडीं

पिकलेल्या पोपयाच्या बियांप्रमाणें दिसतात. पक्षी आपलीं अंडीं कोठें घालितात ?–उबदार घरट्यांत.–अंडीं घातल्यावर पक्षी काय करितात ?–त्यांवर बसून तीं उबवितात.–बेडूक आपलीं अंडीं त्यांवर बसून कां उबवीत नाहींत ?–बेडूक हा शीतरक्त प्राणी असल्यामुळें त्याच्या अंगांत बिलकुल ऊब नसते.–अंडीं पाण्यांत घातल्यावर त्यांस उबण्यास लागणारी उष्णता कोठून मिळत असावी ?–उन्हापासून.–आगोठ लागून एकादा पाऊस पडतांच बेडूक अंडीं घालितात. ते सर्व एकाच दिवशीं अंडीं घालीत नाहींत. अंडीं घालण्याचा हंगाम सुमारें महिनाभर असतो. बेडूक अंडीं घालितात तेव्हां तीं भिजलेल्या साबूदाण्याप्रमाणें पांढरीं असतात. ताजीं अंडीं दाखवावीं. परंतु त्यांची वाढ होत जाते तसतसा त्यांत थोड्याच वेळानें फेरफार होऊं लागून अंड्याच्या मध्यभागची गोळी काळसर दिसूं लागते. बेडकानें अंडीं घातल्यापासून तीं हवेंतील उष्णमानाप्रमाणें चोवीस पासून छत्तीस तासांच्या आंत फुटतात. इंग्लंडसारख्या थंड प्रदेशांत अंडीं घातल्यापासून तीं फुटेपर्यंत हवामानाप्रमाणें दोन महिनेही लागतात. अंडें घातल्यापासून तों फुटेपर्यंत त्याच्या निरनिराळ्या स्थिति चित्रावर दाखवाव्या, व त्या त्या स्थितींतलीं अंडीं मिळाल्यास तींही दाखवावीं. [आकृति २१ पहा.]

३. बेडकाचें पोर.

अंड्यांतून नुकतेंच निघालेलें बेडकाचें पोर व त्याची फळ्यावरील आकृति हीं दाखवावीं. ह्याला तुम्ही बेडूक असें म्हणाल काय ?–बेडकांत व ह्यांत तर कांहींच साम्य दिसत नाहीं.–ह्याला एक मोठें डोकें व लांब आणि चापट शेंपूट आहे. ही बेडकाच्या पोराची पहिली स्थिति होय. निरनिराळ्या स्थितींत असलेलीं कमजास्त वाढीचीं बेडकाचीं पोरें दाखवावीं, व त्यांच्या फळ्यावर काढिलेल्या आकृति दाखवाव्या. [आकृति २२ पहा.] ह्या स्थितींत असलेले बेडूक साधारणतः कोणासारखे दिसतात ?–माशाप्रमाणें.–म्हणूनच यांना कांहीं लोक मासेच समजतात.

पण ती गैरसमजूत होय. ह्यांना चांभारढोंक असेंही म्हणतात. बेडकाचीं हीं पोरें माशाप्रमाणें दिसतात म्हणून ह्यांना कोणी बेडूक–मासा असें नांव देतात. पण बेडूक–मासा हें नांव घोटाळ्यांत पाडणारें व गैरसमजूत उत्पन्न करणारें असल्यामुळें तें बरोबर नाहीं. बेडकाचें पोर माशाप्रमाणें सदोदित पाण्यांतच राहातें. त्यास पाण्याबाहेर काढिलें तर तें लवकरच मरेल. बेडकाच्या पोराची पूर्ण वाढ होऊन त्याचा बेडूक बनेपर्यंत तें पाण्यांतच राहिलें पाहिजे. बेडकाची पूर्ण वाढ होईपर्यंत त्याचीं अनेक रूपांतरें होतात हें तुम्हाला आतां समजलें. त्याच्या प्रत्येक स्थितींत कसा कसा बदल होत जातो तो आतां पाहूं.

४. बेडकाचीं रूपांतरें.

बेडकाचें पोर अंड्यांतून बाहेर पडल्यापासून तों पूर्ण बेडूक होईपर्यंत त्याची वाढ एकसारखी सुरू असते, व त्याचीं रूपांतरें होत असतात. तथापि ज्यांत विशेष फरक आढळतो अशा आठ स्थितींचा विचार केला म्हणजे पुरे. त्या आठ स्थिति ह्या चित्रांत (किंवा फळ्यावरील आकृतींत) दाखविल्या आहेत, आणि त्यांचे जीवंत नमुने निरनिराळ्या काचपात्रांत क्रमानें ठेविले आहेत. चित्रें व जीवंत नमुने ह्यांचें मुलांकडून निरीक्षण करवावें, असल्यास सूक्ष्मदर्शकाचा उपयोग करवावा, आणि पुढील गोष्टी त्यांस नीट समजावून द्याव्या.

१. **पहिली स्थिति.**—अंड्यांतून निघालेलें पोर पाण्यांतील वनस्पतीला किंवा दुसऱ्या कशाला चिकटून राहतें. डोकें व धड निराळें असून मध्यें मानेसारखा भाग दिसतो. पोराला तोंड नसतें, व त्याला पाण्यांत नीट पोहतांही येत नाहीं. ह्या स्थितींत त्याचें पोषण कसें होतें ? पोराच्या अंगाभोंवतीं अद्याप अंड्यांतील पोषक पदार्थ थोडासा असतो.

२. **दुसरी स्थिति.**—कांहीं वेळानें पोराच्या मानेच्या दोहों बाजूंस प्रथम दोन व मग तीन सुतासारखे पांढुरके धागे दिसूं लागतात. ह्या धाग्यांना फांटे फांटे असतात. हे बेडकाच्या

पोराचे कल्ले होत. हे कल्ले पहिल्या स्थितींतही असतात, पण ते अतिशय सूक्ष्म असल्यामुळें दिसत नाहींत. बेडकाच्या कल्ल्यांची माशाच्या कल्ल्यांशीं तुलना करवावी. कल्ल्यांचा माशांना काय उपयोग असेल? आपण फुप्फुसांनीं श्वासोच्छ्वास करितों. माशास व बेडकाच्या पोरास फुप्फुसें नसतात. त्यांची श्वासोच्छ्वासक्रिया कल्ल्यांवाटे होते. पाण्यांत हवा शोषण करण्याचा धर्म आहे या गोष्टीची मुलांस आठवण द्यावी. ही पाण्यांत शोषण झालेली हवा बेडकाचें पोर व मासे आपल्या कल्ल्यांनीं शोषण करून श्वासोच्छ्वास करितात.

३. तिसरी स्थिति.—ह्या स्थितींत पोराचे कल्ले हळू हळू आकुंचन पावून नाहींसे होतात. मग तें पोर श्वासोच्छ्वास कसा करितें? बाहेरचे कल्ले नाहींसे होत असतां बेडकाच्या मानेजवळ दोन छिद्रें उघडतात. ह्या छिद्रांच्या आंत एक प्रकारचे दुमडलेले कल्ले असतात. हे कल्ले माशाच्या कल्ल्यांप्रमाणेंच बहुतेक असतात. यांना आंतले कल्ले म्हणतात. या स्थितींत पोराचें तोंड उघडतें. तें तोंडावाटे वेळोवेळीं पाणी घेऊन तें आंतल्या कल्ल्यांवरून बाहेर सोडितें, व अशा रीतीनें त्याची श्वासोच्छ्वासक्रिया आंतल्या कल्ल्यांनीं सुरू होते. या स्थितींत बेडकाचें पोर काय खातें? बारकाईनें पाहिल्यास तें पाण्यांतील वनस्पतींवरील मळ वगैरे चोखीत असल्याचें स्पष्ट दिसतें.

४. चौथी स्थिति.—शेंपूट मोठें होतें, व पोर पाण्यांत झपाट्यानें व गमतीनें पोहूं लागतें. बेडकाच्या पोराचें भक्ष्य वास्तविक पाहतां वनस्पतींचें असतें. तथापि ह्या स्थितींत व पुढल्या स्थितींत तें बारीक जंतु, मांसकण वगैरे खातें. बेडकाचीं पोरें फार खादाड असल्यामुळें तीं एकमेकांसही फाडून खात असल्याचें आढळतें. ह्या स्थितींत पोराच्या आंतील रचनेंत फेरफार होत असतोच.

५. पांचवी स्थिति.—शेंपटाच्या आरंभाजवळ दोहों बाजूंस एकेक तंतु फुटतो व त्याचेच मग मागले पाय बनतात. आंत-

ल्या अंगास फुफ्फुसें तयार होऊं लागतात. पुढले पाय नसणें व शेंपूट असणें ह्या गोष्टी वगळल्या तर पोराचा एकंदर आकार बेडकासारखा दिसतो.

६. सहावी स्थिति.—पुढचे पाय फुटतात. शेंपूट आखूड होऊं लागतें. फुफ्फुसें बहुतेक तयार होतात.

७. सातवी स्थिति.—शेंपूट अगदीं थोडें असतें. आंतल्या कल्ल्यांचें पूर्ण आकुंचन होऊन छिद्रें बंद होतात. फुफ्फुसें पूर्ण तयार होऊन त्यांवाटे श्वासोच्छ्वासक्रिया सुरू होते म्हणून पोरास पाण्यांत राहणें कठीण वाटूं लागतें. तें पाण्याबाहेर येतें.

८. आठवी स्थिति.—शेंपूट साफ नाहींसें होऊन पूर्ण बेडूक तयार होतो. पांचव्या स्थितीपासूनच बेडकाचें पोर हळू हळू कांहीं खातनासें होऊं लागतें. त्या वेळीं त्याचें पोषण कसें होतें? त्याच्या शेपटांत जो पदार्थ भरलेला असतो त्याचा त्याच्या वाढीकडे उपयोग होऊन तें हळू हळू नाहींसें होऊं लागतें. आठव्या स्थितींत बेडूक इकडे तिकडे उड्डूं लागतो, पण त्याला भोंवतालचें वनस्पतींचें भक्ष्य आतां नको असतें. त्याचें नेहमींचें भक्ष्य कोणतें? तें त्याला अद्याप धरतां येत नाहीं, व तो तर फार भुकेलेला असतो. तेव्हां तो काय खात असेल? बेडूक या स्थितींत व पुढेंही अनेक वेळां कांत टाकितो. आणखी कोणते प्राणी कांत टाकितात?—साप वगैरे जनावरें.—जनावराची कांत दाखवावी. बेडूक त्यांप्रमाणेंच सर्वांगाची कांत टाकितो. तुम्ही बेडूक पुष्कळ पाहतां, पण बेडकाची कांत तुम्ही कधीं पाहिली आहे काय? बेडूक आपली कांत टाकितांच तिचे फाडून तुकडे करितो व त्यांची गोळी करून ती गिळतो. आठव्या स्थितींत आल्यावर अगदीं आरंभीं स्वतांची कांत हेंच बेडकाचें भक्ष्य होय. पुढें तो आपलें नेहमींचें भक्ष्य धरूं लागतो. बेडूक व जनावरें कांत कां टाकितात? मुलें जसजशीं मोठीं होतात तसतसे त्यांना पूर्वीं शिवलेले कपडे कसे निरुपयोगी होतात तें विचारावें. लहानपणच्या

कपड्यांशीं कांतीचें साम्य दाखवावें. कांत याला आणखी कोणता शब्द आहे?—मेंग.—बरोबर. अंडें फुटल्यापासून पूर्ण बेडूक बनण्यास महाराष्ट्रांत हवामानाप्रमाणें महिना दोन महिने लागतात.

पाठ पस्तिसावा.

कोळी.

पाठाचें साहित्य.—कोळ्याचे पांच सहा जीवंत नमुने, त्यांचीं चित्रें किंवा आकृति, जीवंत मधमाशी, सूक्ष्मदर्शक काच व कोळ्याच्या तोंडाची आकृति.

१. उपोद्घात.

कोळ्याच्या जाति पुष्कळ आहेत. दोन तीन प्रकारचे कोळी व मिळाल्यास त्यांचीं मोठालीं चित्रें दाखवावीं. मुलें कोळी ओळखतीलच. कोळी हें काय आहे?—एक प्रकारचा किडा.—होय, अशा प्रकारच्या लहान जीवांना आपण सामान्यतः किडे असें म्हणतों. ज्यांस कीटक हें नांव आहे, असे कांहीं किडे तुम्हाला सांगतां येतील काय?—माशी [मधमाशीचा पाठ पूर्वीं गेला आहे. पदार्थपाठमाला गुच्छ दुसरा, पाठ सदातिसावा व आडतिसावा पहा.], मुंगी, झाडाच्या पानांवरील अळ्या वगैरे.—बरोबर. अशा प्रकारच्या कीटकांपैकीं कोळी हा प्राणी नाहीं. हें तुम्हाला पुढें कीटकांच्या पाठांत चांगलें कळेल. तुम्हाला कोळी कोठें कोठें दिसतात? मुलांकडून योग्य उत्तरें घ्यावीं. कोळी काय काय करितांना तुम्ही पाहिलें आहे? कोळी आपल्या पोटांतून एक प्रकारचें सूत काढून त्यानें जाळें विणतो. त्या सुताचें घर करितो. घरांत किंवा जाळ्यावर भक्ष्य पकडण्यासाठीं दबून बसतो, व माशी, डांस अगर दुसरा किडा जाळ्यांत गुंतला म्हणजे त्याजवर तुटून पडून त्यास मारून खातो. कोळी

आपल्यापेक्षां पुष्कळ मोठ्या किड्यांशींही लढाई करितो. त्यांत त्याला एकादे वेळीं माघार घ्यावी लागते. ह्या व इतर गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या, आणि ह्या गोष्टींवरून कोळी धीट, चपळ, क्रूर, शूर, व मोठा खादाड प्राणी आहे, हें त्यांच्या लक्षांत आणून द्यावें. कोळ्याच्या ह्या वागणुकीस जरूर अशीं काय काय साधनें त्याजवळ आहेत तें पाहूं.

२. शरीररचना.

१. **भाग.**—कोळ्याच्या शरीराचे किती भाग दिसतात ?—दोन.—कोणते ?—डोकें व पोट.—डोकें व छाती मिळून एकच भाग आहे. मधमाशी, मुंगी ह्यांचें शरीर किती भाग मिळून झालेलें असतें ?

२. **घटना.**—कोळ्याच्या अंगाला बोट लावून पहा. कसें लागतें ?—मऊ.—मधमाशीचें अंग असेंच मऊ असतें काय ?—नाहीं. खरबरीत असतें.—कोळ्याचें अंग मऊ कां ?—कोळ्याचें अंग खरबरीत असतें तर जाळ्यावरून जातां येतांना कोळी त्यांत गुंतला असता.—मधमाशीचें पोट वळ्या वळ्या मिळून झालें आहे. तसें कोळ्याचें आहे काय पहा.—कोळ्याच्या पोटावर वळ्यांच्या रेषा दिसतात, तथापि त्या कापडावरील रेषांप्रमाणें दिसतात. त्याच्या पोटाचे अनेक भाग झालेले दिसत नाहींत.—बरोबर. ह्या वेळीं जरूर तर सूक्ष्मदर्शकाचा उपयोग करावा.

३. **पंख.**—मधमाशीला पंख किती असतात ?—चार.—कोळ्याला केव्हांही पंख फुटत नाहींत.

४. **अवयव.**—मुंगी, मधमाशी ह्यांना किती पाय असतात?—सहा.—कोळ्याला किती आहेत ?—आठ.—कोळ्याला पंख नाहींत म्हणून त्याला उडतां येत नाहीं. त्याला जलद धावावें लागतें, म्हणून त्याचे पाय बारीक व फार लांब असतात. हें मुलांकडून काढून घ्यावें. कोळ्याच्या पायाचे सात भाग असून प्रत्येक पायाच्या शेवटीं दोन किंवा तीन अणकुचीदार वांकड्या नख्या असतात, व त्या नख्यांच्या आंतल्या बाजूस दांते असतात. हें

मुलांस नीट दाखवावें व फळ्यावरील आकृति दाखवावी. [आकृति २३ पहा.]

५. तोंड.—कोळ्याच्या तोंडाची आकृति फळ्यावर काढावी. [आकृति २४ पहा.] कोळ्याच्या दोहों जबड्यांतून एक आंकड्या- सारखा अणकुचीदार नांगा निघालेला असतो. आंकडे चाकूच्या पाताप्रमाणें उघडतां मिटतां येतात. कोळ्याच्या नांग्यांत बुडापा- सून शेंड्यापर्यंत एक नळी असते व तिच्या मागें विषाची पि- शवी असते. कोळ्यानें नांगा मारून भोंक पाडिलें कीं, त्यांत ह्या पिशवींतील विष शिरतें. कोळ्याच्या नांग्याची विंचवाच्या व मधमाशीच्या नांगीशीं तुलना करवावी.

६. डोळे.—मधमाशीला डोळे किती व कसे असतात ?— मधमाशीला दोन संयुक्त डोळे असतात. —कोळ्याला डोळे किती आहेत ?—आठ.—कोळ्याचे डोळे साधे असतात व त्यांच्या दोन रांगा असतात.

७. पोट.—कोळ्याचा पाठीमागला भाग तें पोट. ह्यांत प- चनेंद्रियें, श्वासोच्छ्वासाचीं इंद्रियें व सूत काढण्याचीं इंद्रियें अ- सतात. कोळी सूत कसें काढितो व जाळें कसें विणतो तें पुढ- ल्या पाठांत पाहूं.

३. संवयी.

१. कोळी एकेकटा राहतो.

२. कोळी माशा वगैरे कीटकांस जाळ्यांत पकडून खातो.

३. कोळी आपलें भक्ष्य कधीं जाळ्यांत पकडतो व कधीं त्याजवर हल्ला करून धरितो.

४. कोळी आपल्या शत्रूंस विषारी नांगे मारितो. त्यांनीं त्याचे शत्रु मरतात.

ह्या गोष्टी मुलांकडून काढून घेऊनत यांची मधमाशीच्या सं- वयींशीं तुलना करवावी.

४. उत्पत्ति व वाढ.

मधमाशीची उत्पत्ति व रूपांतरें विचारावीं. कोळ्याची मादी रेशमी कापडासारख्या कोशेट्याच्या घरांत अंडीं घालिते, व अंड्यांतून बारीक पण पूर्ण कोळी बाहेर पडतो. कोळ्याचीं रूपांतरें होत नाहींत. ह्या गोष्टी मुलांस नीट दाखवून समजावून द्याव्या.

पाठ छत्तिसावा.

कोळ्याचें जाळें.

पाठाचें साहित्य.—जिवंत कोळी, सुताचा व सुतळीचा तुकडा, कापूस, मिळाल्यास सूक्ष्मदर्शक यंत्र, कोळ्याचें जाळें व कांहीं धागे, कोळ्याच्या सूत काढण्याच्या इंद्रियांची फळ्यावरील आकृति, रिकामें झालेलें कांतिणीचें घर, अंड्यांचा कोश बरोबर घेऊन जाणारा कोळी व कोळ्यांच्या घरांचे नमुने.

१. सूत कांतणें.

हा सुतळीचा तुकडा पहा. हा उलगडा व हा कसकसा बनविला आहे पहा.—सुताचे बारीक धागे एकत्र करून व त्यांस पीळ घालून त्यांची सुतळ बनविलेली आहे.—बारीक धागे तरी कसे काढतात ? कापसाच्या बारीक तंतूंचें सूत व त्या सुताची सुतळ कशी करितात हें मुलांकडून काढून घ्यावें.

२. कोळी सूत काढितो.

१. कोळ्याची कुशलता.—कोळ्याचा धागा दाखवावा. हा किती बारीक आहे. इतकें बारीक, सुरेख व बळकट सूत आपल्यास देखील काढितां येत नाहीं. तेव्हां कोळ्याच्या कुशलतेची किती वाखाणणी करावी. कोळ्यासारखा उत्कृष्ट सूत काढणारा कोणी नाहीं. सूक्ष्मदर्शक यंत्र असल्यास कापसाचें

सूत व कोळ्याच्या धागा हीं दाखवावीं. म्हणजे कोळ्याची कुशलता दिसून येईल.

२. **कोळ्याचें सूत काढण्याचें साहित्य.**—कोळ्याजवळ सूत, लोंकर, रेशीम वगैरे कांहीं असतें काय? कोळ्याचें सूत काढण्याचें साहित्य कोठें असतें? कोळ्याच्या पोटांत चार पिशव्या असतात, व त्यांत डिंकाच्या पाण्याप्रमाणें चिकट, पारदर्शक व अगदीं पातळ रस असतो. ह्या पातळ रसानें कोळी आपले धागे बनवितो. कोळी पातळ रसाचें सूत कसें बनवितो? पाहूंया.

३. **कोळ्याची सूत काढण्याची रीत.**—कोळ्याच्या सूत काढण्याच्या अवयवांचें फळ्यावर चित्र काढावें, व पुढील गोष्टी मुलांस नीट समजावून द्याव्या. फळ्यावरील आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें [आकृति २५ पहा.] कोळ्याच्या पोटांत एकमेकांस लागलेल्या चार पिशव्या असतात. ह्या प्रत्येक पिशवीस सुमारें एक हजार भोंकें असतात. ह्या पिशव्या कोळी दाबितो, म्हणजे त्यांतून कारंज्याप्रमाणें पातळ रसाच्या चार हजार धारा बाहेर पडतात. हा रस हवा लागतांच अगदीं सुकतो व त्या धारांचे धागे बनतात. परंतु कोळ्यास सूत काढितांना आपण पाहतों, तेव्हां तो तर एकच धागा काढीत आहे, असें दिसतें. मग बाकीच्या धाग्यांचें काय होतें? आपण जें सूत वापरितों तें एकेका तंतूचेंच असतें काय? कोळी आपल्या पिशवींतून निरनिराळे चार हजार तंतु काढितो, व त्यांस एकत्र करून पीळ घालतो. आपण पाहतों तो धागा चार हजार तंतु एकत्र करून पीळ घातल्यानें तयार झालेला असतो. [आकृति २६ पहा.] कोळ्याच्या मागच्या दोन पायांस फणीप्रमाणें दांते असतात. कोळी मागचे दोन्ही पाय जुळून सर्व धागे एकत्र करितो व त्यांस पीळ घालून त्यांचा एकच धागा बनवितो.

३. कोळी आपल्या सुताचें काय करितो?

पुढील गोष्टी प्रश्नोत्तररूपानें मुलांकडून काढून घ्याव्या. ह्यां-

पैकीं बहुतेक गोष्टी मुलांच्या पाहण्यांत असतातच. तथापि हा पाठ देण्यापूर्वी मुलांस त्या दाखवून ठेवणें चांगलें. पाठ देतांना फळ्यावरील आकृतींनीं सर्व गोष्टी स्पष्ट कराव्या.

१. शिकार धरण्यासाठीं जाळें.—मासे धरण्याकरितां व जंगली जनावरें पकडण्यास आपण काय काय करितों ?–जाळीं व सांपळे बांधितों.–कोळी देखील आपली शिकार पकडण्यास जाळ्याचाच उपयोग करितो, व तें जाळें तो आपल्या तंतूंनीं स्वतां विणतो. झाडांस कोळी जाळीं बांधितात तीं कशीं असतात ?–बहुधा उभीं किंवा किंचित तिरपीं.--घरांत कोळी जाळें बांधितो तें कसें असतें ?–बहुधा आडवें.–घरांत कोनाकोपऱ्यांत कांहींसा काळोख असतो. यामुळें कोळ्याचें जाळें माशा वगैरेस दिसत नाहीं. तंतु फार बारीक असल्यामुळें व त्यांचा रंग मळकट असल्यामुळें झाडावरील जाळेंही माशा वगैरेस दिसत नाहीं, व तीं जाळ्यांत गुंततात. कोळ्याचे तंतु चिकट असतात. त्याला माशी वगैरे लागलीं कीं तीं पक्कीं चिकटतात. प्राणी जाळ्यांत सांपडला कीं तंतु हालल्यानें कोळ्यास लागलेंच समजतें, व तो त्याच्यावर येऊन लागलीच झडप घालितो. झाडावरील जाळें दाखवावें. कोळी जाळें कसें विणतो तें फळ्यावर आकृति काढून दाखवावें. मोठें थोरलें व इतक्या भानगडीचें जाळें विणण्यास आपल्यास किती वेळ लागेल बरें ? असें असून कोळी अवघ्या अर्ध्या तासांत तें तयार करितो !

२. राहाण्यासाठीं घर.—निरनिराळ्या जातीचे कोळी निरनिराळ्या प्रकारचीं घरें बांधितात. हीं घरें धाग्यांनीं बनविलेलीं असतात. त्यांचा आकार पुष्कळदां अंगुस्तानासारखा असतो. कोळ्याचीं निरनिराळ्या प्रकारचीं घरें प्रत्यक्ष दाखवून त्यांविषयीं मुलांस माहिती द्यावी. एका जातीचा कोळी आपलें घर पाण्याच्या पृष्ठभागाखालीं बांधितो, तरी तें आंतून कोरडेंच असतें !

३. अंडीं घालण्यास कोश.–कोळी धाग्यांनीं कोशिटा बनवून

त्यांत अंडीं घालितात. अंड्यांनीं भरलेले कोश कित्येक कोळी आपल्या बरोबर बाळगितात. कित्येक कोळी आपल्या घरट्यांत अंडीं ठेवितात. कित्येक कोळी भिंतींस, दरवाज्यांस, कडीपाटांस, झाडांस कोश चिकटवितात. कांतिणीचें घर असें ज्यास म्हणतात, तो वस्तुतः एका जातीच्या कोळ्याचा—कांतिणीचा—अंडीं घातलेला कोश होय. कोळी एका वेळीं दहापासून शंभरांपर्यंत अंडीं घालितो.

४. इतर उपयोग.—इकडून तिकडे जाण्यास, आणि वरून खालीं व खालून वर जाण्यास आपल्या तंतूंचा कोळ्याला आधार मिळतो. घर व जाळें ह्यांच्यामध्यें कोळी तंतूंनीं पूल बांधितो. जाळ्यांत सांपडलेला प्राणी बळकट असून आपल्या शक्तीबाहेर आहे असें वाटल्यास कोळी त्याला आपल्या तंतूंनीं बांधून जखडून टाकितो. प्राणी मोठा असून त्याच्या भारानें जाळें तुटेल असें वाटलें तर कोळी धांवत येऊन त्याच्या भोंवतालचे धागे तोडितो, म्हणजे तो प्राणी सुटून खालीं पडतो, व कोळ्याचें जाळें बचावतें.

पाठ सदतिसावा.

* मासा—भाग पहिला.

पाठाचें साहित्य.—पाण्यानें भरलेल्या भांड्यांत दोन चार जीवंत मासे; मेलेले मासे; सूक्ष्मदर्शक काच; लाकडाचे सारख्या लांबीचे दोन तुकडे, एक गोल दंडाकृति व दुसरा माशाच्या

---

* शालापत्रक, पुस्तक १६ अंक ६ व पुस्तक १८ अंक २ ह्यांत माशाविषयीं माझे लेख आले आहेत. ते दोन लेख हा व पुढील पाठ वाचण्यापूर्वीं शिक्षकांनीं साधल्यास अवश्य पाहावे. त्या दोन्ही लेखांत माशाविषयीं पुष्कळ उपयुक्त माहिती दिलेली आहे. हा व ह्या पुढील पाठ पावसाळ्याच्या आरंभीं देणें विशेष सोईचें.

आकाराचा. जीवंत माशांच्या भांड्यांत पाण्यांत वाढणाऱ्या वनस्पतींच्या फांद्या टाकाव्या. भांडें काचेचें असेल तर चांगलें. मिळाल्यास तांबडे मासे आणावे, ते नसल्यास कसलेही चालतील.

१. उपोद्घात.

जीवंत मासे असलेलें पाण्यानें भरलेलें काचपात्र टेबलावर ठेवून मुलांस मासे दाखवावे. मासे किती सुंदर दिसतात, व त्यांची पाण्यांतील हालचाल किती मजेदार दिसते, ह्यांकडे मुलांचें लक्ष्य लावावें. मुलांनो, आतांपर्यंत तुम्हाला ज्या प्राण्यांविषयीं माहिती मिळाली आहे, ते सर्व प्राणी जमिनीवर राहणारे होते. बेडूक मात्र लहानपणीं पाण्यांत वाढून मोठेपणीं कांहीं वेळ पाण्यांत व कांहीं वेळ जमिनीवर राहणारे आहेत. परंतु माशांची गोष्ट अगदींच निराळी. ते आपलें सर्व आयुष्य पाण्यांत काढितात. मासे पाण्याबाहेर काढिले तर काय होतें?– ते लागलेच मरतात.–आयुष्यभर पाण्यांत राहणाऱ्या प्राण्यास **जलचर** म्हणतात. जलचर शब्दाचा अर्थ काय? मासा हा एक जलचर प्राणी आहे. त्याचें आपण निरीक्षण करूं.

२. सामान्य निरीक्षण.

माशाच्या शरीराचे किती भाग स्पष्ट दिसतात?– तीन. डोकें, धड व शेंपूट.–माशाला पाय आहेत काय?–नाहींत.–माशाला पायांची जरूर कां नाहीं? तो पाण्यांत चालतो काय? तर मग काय करितो? मासा पाण्याबाहेर कधीं येतो काय? अर्थात त्यास पायांची जरूरच नाहीं. त्यास हात आहेत काय?– नाहींत.–आपण पोहतांना कोणत्या अवयवांचा उपयोग करितों? माशास हात नाहींत तर तो पोहतो कसा? पक्षी उडतांना–हवेंत पोहतांना–कशाचा उपयोग करितात? अर्थात माशांनाही पोहतां येण्यास कांहीं अवयव असले पाहिजेत. जवळ या. मासे कोणत्या अवयवांनीं पोहताहेत तें पहा. माशांच्या ह्या अवयवांना पंख म्हणतात. प्रत्येक माशास किती पंख असतात ते मुलांकडून मोजवावे. (१) छातीवरील पंखांची जोडी, (२) पोटावरील

पंखांची जोडी, (३) पाठीवरचा पंख, (४) पोटाखालचा पंख व (५) शेंपटाचा जोडपंख हे मुलांस दाखवावे.

माशाचा आकार लांबट आहे, त्याच्या धडाचा भाग जाडा आहे, पुढच्या बाजूस तोंडाचा भाग व मागच्या बाजूस शेंपटाचा भाग चिंचोळा होत गेला आहे, त्याचप्रमाणें खालच्या व वरच्या बाजूसही त्याचा आकार चिंचोळा होत गेला आहे, हें मुलांच्या नीट लक्षांत आणून द्यावें.

३. आच्छादन.

माशाचें अंग कसें चकचकीत दिसतें तें पुन्हा पाहण्यास सांगावें. त्याच्या अंगावर पक्ष्यांप्रमाणें पर किंवा पिसें आहेत काय? केस? मेलेल्या माशाच्या अंगावर शेंपटाकडून डोक्याकडे चाकूचें पातें फिरवावें. कांहीं खवले गळतील ते मुलांस दाखवावे. माशाचें सर्वांग एक प्रकारच्या पातळ, पारदर्शक, वाटोळ्या चकत्यांनीं आच्छादिलेलें आहे, हें मुलांकडून काढून घ्यावें. ह्या चकत्यांस खवले म्हणतात. डोक्याकडून शेंपटाकडे चाकूचें पातें फिरविल्यास खवले निघत नाहींत, डोक्याकडून शेंपटाकडे हात फिरविल्यास मासा हातास गुळगुळीत लागून हात सहज सरकतो, पण उलट दिशेनें फिरविल्यास अडथळा होऊन हातास खवले खरखरीत लागतात, हें मुलांस दाखवून घरावरील कौलाराची खेवल्यांच्या रचनेशीं तुलना करवावी.

४. डोकें.

डोळे पहा. आकार कसा आहे?—वाटोळा.—मधल्या काळ्या बाहुलीच्या भोंवतालीं एक चकचकीत वाटोळी कड आहे ती पाहा. माशांच्या डोळ्यांना पापण्या आहेत काय?—नाहींत.—मासे केव्हांही डोळे मिटीत नाहींत; त्यांचे डोळे नेहमीं उघडे असतात हें दाखवावें. मासे एकसारखी तोंडाची उघडझांप करीत असतात हें दाखवावें. ह्या मेलेल्या माशाचें तोंड हात लावून पहा. कसें आहे?—कठीण व हाडानें झालेलें.—माशाच्या तोंडांत फार बारीक व मागें वळलेले पुष्कळ दांत असतात, ते

मुलांस दाखवावे. दांत दाखवितांना सूक्ष्मदर्शक भिंगाचा उपयोग करावा.

५. हालचाल व चलनशक्ति.

माशांची हालचाल पाहाण्यास सांगावी. मासे खालीं जातात, वर येतात, समोर पळतात व डाव्या उजव्या बाजूस पटकन वळतात. हें ते कसें करितात ? ह्या सर्व गोष्टींस माशांची शरीररचना फार सोईची आहे. (१) माशाच्या आकाराचा दोहों बाजूंस निमुळता असा एक लाकडाचा तुकडा व दुसरा तितक्याच लांबीचा लाकडाचा गोलदंडाकृति तुकडा ह्यांपैकीं कोणता पाण्यांत सहज पुढें ढकलितां येतो, तें मुलांस पाहावयास सांगावें. ह्यावरून माशाचा आकार त्याला पाण्यांत हालचाल करण्यास सोईचा कसा तें समजेल. होडीच्या आकाराशीं माशाच्या आकाराची तुलना करवावी. (२) मेलेल्या माशास हात लावून पहा.—माशाचें शरीर फार गुळगुळीत व बुळबुळीत असतें.—माशाच्या खवल्यांवर एक प्रकारचा तेलकट रस लागलेला असतो. हा खवल्यांच्या मुळांतून निघतो. ह्या तेलकटपणाचा व गुळगुळीतपणाचा उपयोग मुलांच्या लक्षांत आणून द्यावा. (३) मासा पोहतांना एकसारखें शेंपूट हालवीत असतो. तो तें केव्हां कोणत्या बाजूस हालवितो हें दाखवून माशाचें शेंपूट होडीचें वल्हें व सुकाणूं ह्या दोहोंचें काम कसें करितें तें समजावून द्यावें. (४) छातीवरचे दोन, पोटावरचे दोन, पोटाखालचा एक व पाठीवरचा एक ह्या पंखांचा मासा कसकसा उपयोग करितो तें मुलांस नीट दाखवावें.

मुलांनो, माशाविषयीं आज समजलेल्या गोष्टी नीट लक्षांत ठेवा. माशाविषयींच्या आणखी कांहीं गोष्टींची माहिती तुम्हाला पुढील पाठांत मिळेल.

पाठ अडतिसावा.

मासा—भाग दुसरा.

पाठाचें साहित्य.—पाण्यानें भरलेल्या भांड्यांत दोन चार जीवंत मासे; भांडें काचेचें असेल तर चांगलें. मिळाल्यास तांबडे मासे आणावे, ते नसल्यास कसलेही चालतील. मेलेले मासे; सूक्ष्म-दर्शक काच; लहान काचपात्र; मद्यार्काचा दिवा; जाडी सुई; चांगला चाकू; माशाचीं ताजीं अंडीं व बारीक पिलें.

१. उपोद्घात.

मागील पाठाची प्रथम थोडक्यांत उजळणी करावी.

२. श्वासोच्छ्वास क्रिया.

मासा नेहमीं पाण्यांत राहतो, व तो सदोदित पाण्यांत बुडालेला असतो, हें तुम्हाला मागील पाठांत समजलेंच आहे. बरें, आपण फार वेळ पाण्यांत बुडून राहिलों तर काय होईल?—आपण मरूं.—कां?—पाण्यांत फार वेळ बुडून राहिल्यास आपल्या नाकातोंडांत पाणी शिरून आपण गुदमरून जाऊं.—बरोबर. पण आपण गुदमरतों म्हणजे काय? पाण्यांत बुडाल्यावर आपला श्वासोच्छ्वास बंद होतो, आपल्या फुफ्फुसांत ताजी हवा जाण्याचें व त्यांतील दूषित हवा बाहेर पडण्याचें बंद होतें, म्हणून आपण गुदमरतों. आतां आपण माशाचा विचार करूं. मासा तर पाण्यांत खुशाल राहतो; त्यांत तो गुदमरत नाहीं. उलट पाण्याबाहेर काढिल्यानें तो गुदमरून मरून जातो. ह्यावरून मासा श्वासोच्छ्वास करीत नसावा; त्यास जगण्यास हवेची जरूर नसावी, तर हवेच्या ऐवजीं त्यास पाणी लागत असावें, असें तुम्हाला कदाचित वाटेल, पण तें खरें नाहीं. सर्व प्राण्यांस हवेची जरूर आहे व सर्व प्राणी उपजल्यापासून मरेपर्यंत श्वासोच्छ्वास करीतच असतात. श्वासोच्छ्वास करण्याची कित्येकांची पद्धति निराळी असते इतकेंच. माशास जगण्याला हवेची जरूर आहे, व तो श्वासोच्छ्वास करि-

तो. पण तो आपल्याप्रमाणें श्वासोच्छ्वास करीत नाहीं. त्याला हवेंत श्वासोच्छ्वास करितां येत नाहीं. म्हणूनच तो पाण्याबाहेर येतांच त्याची श्वासोच्छ्वास क्रिया बंद होऊन तो मरतो. मासा पाण्यांत असतांना मात्र त्याची श्वासोच्छ्वास क्रिया चालते म्हणून सांगितलें, पण हें व्हावें कसें ? त्यांना पाण्यांत हवा कोठली मिळते ? काचेच्या भांड्यांत पाणी घेऊन भांडें मद्यार्कांच्या दिव्यावर धरावें. पाणी थोडें तापूं लागतांच त्यावर बुडबुडे येऊन फुटतांना दिसतील. हे बुडबुडे पाण्यांत असलेल्या हवेचेच होत. अर्थात मासे श्वासोच्छ्वास करितात तेव्हां ही पाण्यांतील हवाच ते पोटांत घेतात. पाणी तापवून त्यांतील हवा काढून टाकिली, व तें पुन्हा गार झाल्यावर त्यांत मासा सोडिला, तर तो जगत नाहीं. लागलाच मरतो. (हा प्रयोग प्रत्यक्ष करूं नये; नुसता सांगावा.)

३. माशाचे कल्ले.

मासे वारंवार तोंडाची उघडझांप करीत असतात, तें दाखवावें. मासे पाण्याचे घुटके वरचेवर कां पितात ? पाण्यांत राहून देखील त्यांना इतकी तहान लागते काय ? मेलेल्या माशाच्या तोंडांत जाडी सुई घालावी, व ती त्याच्या एका कल्ल्याच्या भोंकावाटे बाहेर निघते हें दाखवावें. मासे वारंवार जें पाणी तोंडांत घेतात तें ते पीत नाहींत. तर त्यांच्या डोळ्यांच्या मागें दोहों बाजूंस दोन भोंकें असतात त्यांवाटे तें बाहेर सोडितात. ह्या भोंकांच्या आंतल्या बाजूस एक अवयव असतो त्यास कल्ला म्हणतात. माशाच्या कल्ल्यांवरचे पडदे चाकूनें दूर करून कल्ले मुलांस दाखवावे. कल्ले हीं माशांचीं श्वासोच्छ्वासाचीं इंद्रियें होत. तोंडांत घेतलेलें पाणी ह्या कल्ल्यांवरून जातें, तेव्हां त्या पाण्यांतील शोषण झालेली हवा हे कल्ले आंत शोषण करून घेतात व शरीरांतील दूषित हवा ह्या कल्ल्यांवाटेच बाहेर जाते.

४. कल्ल्यांचें निरीक्षण.

माशाचे कल्ले कसे असतात तें फळ्यावर आकृति काढून स्पष्ट करावें. [आकृति २७ पहा.] चाकूनें कल्ल्यांवरचीं आच्छादनें

निराळीं काढून तीं मुलांस दाखवावीं. तीं हाडासारखीं कठीण, जाड व पारदर्शक असतात. कल्ले कसे व कोठें बसविलेले असतात तें दाखवावें. कल्ल्यांचा रंग कसा आहे?—गुलाबी.—कल्ले पातळ पापुद्रे मिळून झालेले असतात, व ते पापुद्रे एकावर एक असतात, हें दाखवावें. एक पापुद्रा सुटा करून दाखवावा. सूक्ष्मदर्शक काचेचा उपयोग केल्यास चांगलें. पापुद्रा व कल्ला एका पाणी भरलेल्या लहान काचपात्रांत घालून मुलांस दाखवावे. एकेक पापुद्रा साधारणतः पिसासारखा दिसतो हें मुलांकडून काढून घ्यावें. कल्ल्यांचा रंग गुलाबी कां?—त्यांत रक्त सांठलेलें असतें म्हणून.—कल्ल्यांवरील त्वचा अगदीं पातळ व पारदर्शक आहे म्हणूनच ते आंतील रक्तामुळें तांबूस दिसतात. (१) माशाच्या कल्ल्यांत एकसारखें रक्त खेळत असतें. म्हणजे त्याच्या शरीरांतील रक्त कल्ल्यांत येतें व परत जातें. (२) मासा जें पाणी तोंडांत घेतो तें ह्या कल्ल्यांवरून जाऊन बाहेर पडतें. (३) पाण्यांतील स्वच्छ हवा कल्ले शोषून घेतात, व उलट शरीरांतील दूषित हवा बाहेर टाकितात. (४) दूषित हवा गेल्यानें व स्वच्छ हवा मिळाल्यानें रक्त शुद्ध होतें. ह्या गोष्टी मुलांस नीट समजावून द्याव्या. माशाचीं श्वासोच्छ्वासाचीं इंद्रियें व त्याची श्वासोच्छ्वास करण्याची रीत हीं तुम्हास समजलीं. मासा पाण्याबाहेर आल्यावर मरतो, ह्याचें कारण त्यास श्वासोच्छ्वासास पुरेशी हवा मिळत नाहीं हें नव्हे, तर त्याचे हे नाजूक कल्ले सुके होऊन आकुंचन पावतात व त्यांतून रक्त वाहण्याचें बंद पडतें, हें होय. ह्या कल्ल्यांस सदोदित ओलावा मिळावा लागतो, व तो त्यांस पाण्याबाहेर आल्यावर मिळत नाहीं. कल्ल्यांवरचीं आच्छादनें इतकीं मजबूद कां असतात?—कल्ले फार नाजूक असतात, त्यांचा योग्य बचाव व्हावा म्हणून.—बरोबर. कल्ल्यांस दुखापत झाली, तर मासा जगूं शकत नाहीं.

५. माशाचें रक्त थंड कां?

जिवंत मासा हाताला कसा लागतो?—थंड.—आपलें अंग असें गार लागतें काय?—नाहीं.—आपलें रक्त ऊन आहे; पण

माशाचें रक्त थंड असतें, म्हणून मासा हातास गार लागतो. आपलें रक्त ऊन असल्यामुळें आपलें अंगही ऊन असतें, व म्हणून पाणी आपल्यास गार लागतें. माशाचें रक्त ऊन असतें तर त्याच्या अंगालाही पाणी गारच लागतें. पण त्याचें रक्त पाण्याइतकेंच गार असल्यामुळें तो नेहमीं पाण्यांत राहत असतांही त्याला थंडीचा उपद्रव होत नाहीं. तेव्हां माशाचें रक्त थंड असणें हें त्याला फायदेशीरच आहे. आतां तें थंड कां हें तुम्हाला सध्यांच नीट कळणार नाहीं. शेगडींतला विस्तव मंदावला तर आपण काय करितों ?–फुंकणीनें फुंकून किंवा पंख्यानें वारा घालून त्याला जास्त हवा लागेलसें करितों.–बरोबर. हवा जास्त लागली म्हणजे विस्तव झगझगीत होतो, व त्यापासून उष्णताही जास्त उत्पन्न होते. आपण हवेंत श्वासोच्छ्वास करितों, यामुळें आपल्या रक्तांत पुष्कळ हवा जाते. पण माशांस पाण्यांत शोषण झालेली हवा मात्र मिळते, यामुळें त्यांच्या रक्तांत फारच थोडी हवा जाते. अर्थात आपल्या रक्तांत पुष्कळ हवा जाऊन त्यांत पुष्कळ उष्णता उत्पन्न होते व माशांच्या रक्तांत थोडी हवा गेल्यानें तें कमी ऊन होतें. ह्या गोष्टी तुम्हाला पुढें चांगल्या कळतील.

६. भक्ष्य.

मासे आपलें भक्ष्य सबंध गिळितात. पाण्यांतील खळमळ व इतर पदार्थ ते खातात. मोठे मासे लहान माशांस खातात. माशाच्या दांतांचा उपयोग काय ? ते आपल्या दांतांनीं भक्ष्याचे तुकडे करितात किंवा तें चावितात काय ?–नाहीं.–त्यांचे दांत आंतल्या बाजूस वळलेले असतात ह्यावरून त्यांचा उपयोग काय असावा ?–गिळलेलें भक्ष्य निसटून न जावें व त्यास तोंडांत धरितां यावें हा होय.–बरोबर.

७. उत्पत्ति.

माशाची मादी अंडीं घालिते. समुद्रांतील कांहीं मासे नदींत गोड्या पाण्यांत येऊन अंडीं घालितात. कांहीं जातींचे मासे स-

मुद्रातच अंडीं घालितात. साधारण माशांचीं अंडीं साबुदाण्याए-वढीं मोठीं, वाटोळीं, पांढरीं व पारदर्शक असतात. मिळाल्यास अंडीं मुलांस दाखवावीं. मासे पावसाळ्याच्या आरंभीं अंडीं घालितात. साधारणतः अंडीं घातल्यापासून सात आठ दिवसांचे आंतच मासे बाहेर पडतात. मुलांस माशांचीं बारीक पिलें दाखवावीं. माशांची उत्पत्ति फार मोठी असते.

८. उपयोग.

समुद्रांत कोट्यवधि मासे असतात. माशांच्या जातीही अनेक आहेत. जगांतील बहुतेक देशांतील लोक मत्स्याहारी आहेत. कित्येक माशांचें तेल औषधि आहे. मासे असल्यानें पाणी स्वच्छ राहातें ! माशांचे आणखीही अनेक उपयोग आहेत. मुलांस ह्यांपैकीं कांहीं उपयोग माहीत असतात, ते विचारून घ्यावे, व माहीत नसतील ते सांगावे.

पाठ एकोणचाळिसावा.

सर्प.

पाठाचें साहित्य.—सर्व प्रकारच्या सापाचीं चित्रें, सापाच्या हाडांचा सांपळा किंवा त्याचें चित्र, सापाची कांत व माशाचे खवले.

सूचना.—सर्पाच्या अनेक जाति आहेत. त्या सर्व जाति सर्वत्र आढळतात असें नाहीं. कोंकणांत सर्पाच्या जाति फार आढळतात; तितक्या देशावर आढळत नाहींत. तरी नाग किंवा ज्याच्या फणेवर दहाचा आंकडा असतो तो सर्प आपल्या इकडे सर्वत्र आढळतो. हा पहिला पाठ सामान्यतः सर्व सर्पांस उद्देशून द्यावयाचा. ह्यांत एकाद्या विशेष जातीचा विचार करावयाचा नाहीं.

१. उपोद्घात.

निरनिराळ्या जातींच्या सापांचीं चित्रें दाखवावीं. तीं सापांचीं आहेत हें मुलें ओळखतीलच. त्यांपैकीं एकादें पुढें घेऊन सापाचें वर्णन करवावें. सापाचें डोकें, लांबट वाटोळें, धड लांबच लांब असून शेपटाकडे निमुळतें होत गेलेलें, शेपूट टोंकदार, पाय मुळींच नाहींत, एकावर एक चढलेल्या खवल्यांचें आच्छादन, इत्यादि गोष्टी मुलांकडून सापांच्या चित्रांचें निरीक्षण करवून काढून घ्याव्या. मनुष्य व इतर जमिनीवर फिरणारे प्राणी ह्यांस जर हात पाय मुळींच नसते तर त्यांची काय दशा झाली असती ? त्यांस हालचाल करण्यास किती कठीण जाईल कल्पना करा. तथापि ज्याला हातपाय मुळींच नाहींत असा जमिनीवर चालणारा प्राणी प्रत्यक्ष आहे. सर्पास हात पाय नाहींत, तेव्हां त्याची हालचाल अगदीं मंद असेल नाहीं ? सर्प मुख्यत्वें काय खातात ?–उंदीर, बेडूक, व इतर लहान प्राणी.–अर्थात आपलें भक्ष्य पकडण्याकरितां सर्पास फार जलद धावावें लागतें. कांहीं जातींचे सर्प झाडावर राहतात, व ते खारी, पक्षी व क्वचित माकडें ह्यांजवर आपली उपजीविका करितात. ते झाडांवर चढतात व ह्या खांदीवरून त्या खांदीवर झपाट्यानें पळत सुटतात. पक्षी झाडावर चढतांना कोणत्या अवयवांचा उपयोग करितात?–चोंच व पाय.–माकडें, खारी कोणत्या अवयवांचा उपयोग करितात ?–हात व पाय.–परंतु सर्पास हीं साधनें मुळींच नसतां ते झाडांवर कसे चढतात व जमिनीवर जलद कसे चालतात ? पाहूं या.

२. शरीर.

१. डोकें.—सर्पाच्या शरीराचे मुख्य भाग किती दिसतात? –तीन.–कोणते ?–डोकें, धड व शेपूट.–डोक्याचा आकार कसा असतो ?–अंड्याप्रमाणें लांबट वाटोळा व एका बाजूस किंचित निमुळता.–निमुळता भाग कोणत्या बाजूस असतो ?–तोंडाकडील बाजूस.–सर्पाचें तोंड फार रुंद असतें, हें मुलांच्या

लक्षांत आणून द्यावें. सर्पाची जीभ फार लांब असून ती तो तोंडाबाहेर वरचेवर काढीत असतो व ती दुभागलेली असते. सर्प जिभेनें भोंवतालचे पदार्थ चांचपतो. ह्या गोष्टी मुलांस समजावून द्याव्या, अथवा मुलांनीं त्या पूर्वीं पाहिलेल्या असल्यास त्यांचें त्यांस स्मरण द्यावें. सर्पाची जीभ वस्तुतः फार लांब असते असें नाहीं. ती घशांतून न निघतां दांतांच्या मुळांपासून निघते म्हणून ती फार लांब असावी असें वाटतें. बेडकाच्या जिभेशीं सर्पाच्या जिभेची तुलना करावी. चित्रांत सर्पाचे डोळे दाखवा. शरीराच्या आकाराच्या मानानें ते लहान आहेत कीं मोठे? त्यांचा आकार कसा आहे? चित्रांत सर्पाचे कान दिसतात काय?—नाहीं.—सर्पाचे कान म्हणजे दोन बारीक छिद्रें असतात.

२. **धड.**—धडाचा आकार कसा आहे? सर्पाचें धड फारच लवचीक असतें, तें तो पाहिजे तसें वळवितो, त्याचें वेटोळें करितो, व पाहिजे त्याला दोरीप्रमाणें गुंडाळितो, हें मुलांकडून काढून घ्यावें.

३. **शेपूट.**—सापाचें शेपूट निमुळतें व टोंकदार असतें. सर्प आपल्या शत्रूस पाहतांच वेटोळें कां घालितो? शेपूट हा सर्पाचा फार नाजूक व अशक्त अवयव आहे, म्हणून तो शेपटाच्या बचावाकरितां फार जपतो.

३. आच्छादन.

१. **रंग.**—निरनिराळ्या जातींच्या सापांचा रंग पाहण्यास सांगावें, व सापांचा रंग अनेक प्रकारचा असतो, त्यांच्या अंगावर निरनिराळ्या प्रकारचे पट्टे व ठिपके असतात, कित्येकांच्या मानेखालीं काळे पट्टे असतात, कित्येकांच्या डोक्यावर कांहीं खूण असते, इत्यादि गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या. सापाची जात ओळखण्याची मुख्य खूण कोणती?—सापाचा रंग व त्याच्या अंगावरील पट्टे, ठिपके वगैरे.—बरोबर.

२. **खवले.**—सापाचें चित्र व मेंग हीं मुलांस दाखवावीं. सापाचें आच्छादन कशाचें झालेलें असतें?—खवल्यांचें.—आणखी

कोणाचें आच्छादन खवल्यांचें असतें?—माशांचें.—सर्प व मासे ह्यांच्या खवल्यांत कांहीं फरक असतो काय?—माशांचे खवले सुटे असून ते निराळे करितां येतात; सापांचे खवले सुटे नसतात, ते कातडीला डकलेलेच असतात, आणि ते निराळे करितां येत नाहींत.—सापाच्या खवल्यांचा आकार साधारणतः कसा असतो? सर्व खवले सारखेच असतात काय? —पोटाखालचे खवले आयताकार व मोठे असतात.—सापास वाटेल तशी हालचाल करितां यावी अशा सोईची त्याच्या खवल्यांची रचना असते.

४. अस्थिपंजर.

१. पाठीचा कणा.—आपल्या शरीराप्रमाणें सापाच्या शरीरांतही हाडें आहेत. आपल्या धडांतील मुख्य हाडें कोणतीं? —पाठीचा कणा व फांसळ्या.—बरोबर. सापासही पाठीचा कणा व फांसळ्या आहेत. पाठीचा कणा हें एकच हाड आहे काय?—नाहीं. तो अनेक लहान लहान हाडें मिळून झालेला असतो.—त्या लहान हाडांना काय म्हणतात?—मणके.—पाठीचा कणा हें एकच हाड असतें तर आपल्याला काय अडचण पडती?—आपल्याला मागें पुढें वांकतां आलें नसतें.—सापाला तर सर्व बाजूंनीं वाटेल तसें फिरावें लागतें, व तो आपल्या अंगाचें वेटोळेंही करितो. अर्थात आपल्या कण्यापेक्षांही सापाच्या कण्याची रचना विशेष सोईची असली पाहिजे. सापाच्या कण्याच्या प्रत्येक मणक्याला एका बाजूला खळगी व दुसऱ्या बाजूला वाटोळा गोळा असतो, व एका मणक्याचा गोळा दुसऱ्याच्या खळगींत बरोबर बसतो. सापाचा सांगाडा असल्यास त्याची व मणक्यांची रचना दाखवावी. सांगाडा नसल्यास त्याचें चित्र किंवा फळ्यावरील आकृति दाखवावी. खळगी व गोळा अशा प्रकारचा हाडांचा सांधा असल्यानें सर्व प्रकारच्या हालचाली करण्यास कसें सोपें जातें तें समजावून द्यावें. आपल्या खांद्यांतील हाडांचे सांधे असेच आहेत.

२. फांसळ्या.—सापाचा सांगाडा व त्याचें चित्र किंवा फळ्यावरील आकृति हीं दाखवावीं. सापाच्या फांसळ्या त्याच्या कण्याच्या प्रत्येक मणक्याच्या दोहों बाजूंस एकेक याप्रमाणें जोडलेल्या असतात. आपल्या फांसळ्या पुढच्या बाजूस एका हाडाला जोडलेल्या असतात, तशा सापाच्या फांसळ्या जोडलेल्या नसतात. सापाला छातीचें हाडच नसतें. त्याच्या फांसळ्यांचीं दुसरीं टोंकें सुटीं असतात. ह्या फांसळ्यांचे सांधेही खळगी व गोळा मिळूनच झालेले असतात. म्हणून सापाला आपल्या फांसळ्याही सर्व बाजूंस हालवितां येतात. ह्या सर्व गोष्टी मुलांस नीट समजावून द्याव्या.

५. हालचाल.

साप चालूं शकत नाहीं. कां ?—त्याला पाय नाहींत.—तथापि तो फार जलद व सपाट्यानें सरपटतो. सर्प ह्याचा अर्थच सरपटणारा असा आहे. लहान मूल कसें सरपटतें लक्षांत आणा. प्रथम तें आपला हात पोटाखालीं घालून त्यानें जमीन दाबतें व नंतर शरीर उचलून धरून पुढें सरतें. सर्पाची तऱ्हाही अशीच असते. सापाच्या फांसळ्यांचीं शेवटें त्याच्या पोटाखालच्या खवल्यांस जोडलेलीं असतात. साप हीं फांसळ्यांचीं शेवटें मागें किंवा पुढें लोटतो त्याबरोबर खालचे खवलेही मागें पुढें होऊन साप मागें किंवा पुढें सरपटतो. थोडी खरबरीत जागा असली म्हणजे तेथें फांसळ्यांचीं शेवटें मागें पुढें सारून व दाबून सापास सरपटतां येतें. सापास अगदीं गुळगुळीत जागेवर मात्र सरपटतां किंवा चढतां येत नाहीं. कां ?

६. भक्ष्य.

सापांचें आवडतें भक्ष्य कोणतें ?—लहान पक्षी, उंदीर, गांडवळें, लहान कीटक व बेडूक.—कांहीं जातींचे साप पाण्यांत पोहतात. ते पाण्यांतील प्राण्यांसही खातात. साप आपल्या भक्ष्याजवळ हळूच जातात, नंतर डोकें वर लचलून एकदम त्याजवर झडप घालतात आणि तोंडानें भक्ष्य धारतात. सापांस दांत

असतात काय? सापांस दांत असतात पण ते भक्ष्य चावण्यास किंवा फाडण्यास उपयोगीं पडत नाहींत. साप आपलें भक्ष्य चावीत नाहीं; तर तो तें सबंध गिळतो. मग सापाला दांतांचा उपयोग काय? सापाच्या दांतांचीं बेडकाच्या दांतांशीं तुलना करावी. सापाचे दांत आंतल्या अंगास वळलेले असतात. कां? सापाचें डोकें व तोंड तर लहान असतें, मग तो मोठा बेडूक किंवा एकादा पक्षी सबंध कसा गिळितो? आपल्या व इतर प्राण्यांच्या जबड्याचें फक्त खालचें हाड हालतें, व तें वरच्या जबड्याच्या हाडांत अडकविलेलें आहे. सापाच्या दोहों जबड्यांच्या हाडांत सांधा नसतो. त्यांच्यामध्यें फार चिंवट व स्थितिस्थापक अशी कातडी मात्र असते. यामुळें भक्ष्य गिळितांना ती कातडी ताणून सापाचा जबडा हवा तेवढा मोठा होऊं शकतो. सापाचे खवले स्थितिस्थापक असतात व सापाच्या फांसळ्याही ढिल्या असतात, म्हणून त्याही भक्ष्य जसजसें पोटांत जाईल त्याप्रमाणें मागें पुढें सरून भक्ष्याला पोटांत राहण्याला जागा करून देतात.

७. राहणें.

साप कोठें राहतात?—वारुळांत, बिळांत, भिंतींच्या भोंकांत, झाडांच्या ढोलींत किंवा अडगळींत.—सापांना बहुधा निवाऱ्याची जागा लागते.

८. इतर गोष्टी.

सापावर पाय पडल्यास तो आपल्याला गार लागतो. कां?—सापाचें रक्त थंड असतें.—कां? आणखी कोणत्या प्राण्यांचें रक्त थंड असतें?—मासे व बेडूक.—साप वर्षांतून बरेच वेळां कांत टाकितात. सापाची कांत दाखवावी. सापांत दोन प्रकार आहेत. कांहीं साप विषारी आहेत व कांहीं विषारी नाहींत. विषारी सापांच्या वरच्या जबड्यांत विषाचे दांत व डोळ्यांच्या मागें विषपिंड असतात. आपल्या इकडील विषारी सापांचीं नांवें सांगा. अजगर, दिवड वगैरे सापांस विष नसतें. विषारी साप चावल्यास मनुष्यें व इतर प्राणी यांस मरण येतें.

बहुतेक जातीच्या सर्पांची उत्पत्ति अंड्यांपासून होते. मादी उबाऱ्याचे जागीं अंडीं घालिते. ती अंडीं उबवीत असेल काय? कां नाहीं?–सर्पाचें शरीर थंड असल्यामुळें त्यापासून अंड्यांस ऊब मिळणारच नाहीं.–बरोबर.

मुलांनो, सर्व प्रकारच्या सापांविषयीं सामान्य माहिती आज तुम्हास मिळाली. आपल्या इकडच्या सर्व सापांत भयंकर विषारी साप नाग होय. त्याची माहिती तुम्हाला पुढील पाठांत मिळेल.

पाठ चाळिसावा.

नाग.

पाठाचें साहित्य.—नागाचें चित्र, नागाची सबंध कांत, आणि नागाच्या हाडांचा सांपळा किंवा सांपळ्याचें चित्र.

१. उपोद्घात.

मागील पाठाची उजळणी थोडक्यांत करावी, आणि सरपटणाऱ्या लांब जनावरास सर्प म्हणतात, सर्पाच्या अनेक जाति आहेत, त्यांपैकीं कांहीं जाति निर्विष आहेत व कांहीं सविष आहेत, ह्या गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या. आपल्या इकडल्या सविष सर्पांत नाग ही फार प्रसिद्ध जात आहे. नागाचें चित्र दाखवावें. नाग ओळखण्याची मुख्य खूण कोणती?

२. अस्थिपंजर.

नागांस हात पाय वगैरे अवयव असतात काय? त्यांच्या हाडांचा सांगाडा म्हणजे मणक्यांची एक लांब माळच असते. सांगाड्यांत तीन भाग असतात. डोक्याची कवटी, पाठीचा कणा व त्यास जोडलेल्या फांसळ्या. इतर प्राण्यांप्रमाणें नागास फांसळ्यांच्या पुढें उराचें हाड असतें काय? नागाच्या कण्याला सुमारें २०० मणके व तितक्याच प्रत्येक बाजूस फांसळ्या असतात.

३. आच्छादन.

नागाच्या सर्वांगावर खवले असतात. त्यांची रचना व संख्या इतर जातींच्या सर्पांच्या खवल्यांहून भिन्न असते. म्हणून ह्या खवल्यांवरून नाग ओळखतां येतो. नागाचें चित्र व कांत हीं दाखवावीं.

४. मान व फणा.

डोक्याजवळच्या दोन मणक्यांना फांसळ्या जोडलेल्या नसतात. ही नागाची मान होय. तिच्या खालच्या कांहीं फांसळ्या लांबट व आडव्या पडलेल्या असतात. परंतु ह्या फांसळ्या नाग रागावला असतां ताठ उभ्या होतात व मानेवरील त्वचा ताणली जाऊन तिची फणा होते. नाग ओळखण्याची मुख्य खूण कोणती? नागानें फणा केली म्हणजे तिजवर दहाच्या आंकड्याप्रमाणें स्पष्ट आकृति दिसते.

५. तोंड.

नागाच्या तोंडाचा आकार कसा दिसतो?—त्रिकोणी.—त्याला दोन जबडे असतात. हे दोन्ही जबडे एकमेकांपासून सुटे असून ते त्वचेनें जोडलेले असतात. ही त्वचा रबराप्रमाणें पाहिजे तेवढी ताणते, म्हणून भक्ष्य गिळतांना त्याचें तोंड खूप मोठें होऊं शकतें. ह्या गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या.

६. दांत.

नागास दोन प्रकारचे दांत असतात. भक्ष्य धरण्याचे दांत व विषाचे दांत. दोन्ही जाभाडांत पुष्कळ साधे म्हणजे भक्ष्य धरण्याचे दांत असतात. ते वरचेवर पडतात व नवे येतात. हे दांत शंकूसारखे निमुळते, अणकुचीदार व पोकळ असून आंकड्यासारखे किंचित मागें वळलेले असतात. विषाचा दांत एकच असतो. तो इतर दांतांहून मोठा व लांब असतो. हा दांत पडला किंवा मोडला तर नवा उगवतो. नागाच्या जबड्याला एक खांच असते, तींत विषाचा दांत आडवा पडलेला असतो. पण नाग तोंड उघडतो तेव्हां तो ताठ व उभा होतो.

७. विषपिंड.

नागाच्या डोळ्यांच्या पाठीमागें बदामाएवढाले दोन पिंड असतात. त्यांतून विष निघतें. नाग तोंड उघडून पुन्हा मिटतो तेव्हां तें विष त्याच्या पोकळ विषारी दांतांतून जखमेंत पडतें. मोठा नाग कडकडून चावला तर एका दंशास सुमारें ६ गुंजा पातळ विष जखमेंत पडतें. ह्यापैकीं सुमारें २ गुंजांइतका अंश घन असतो. मनुष्य मरण्यास अर्धी गुंज घन विषही पुरतें. ह्यावरून नागाचा दंश किती भयंकर आहे पहा !

८. जीभ.

नागाची जीभ दुभागलेली असून फार लांब व बारीक असते. ती त्याला पदार्थ चांचपून पाहण्यास व डोळ्यांवरील मळ पुसण्यास उपयोगीं पडते. ती तोंडांत कोठें दडलेली असते? नाग आपलें भक्ष्य सबंध गिळितात.

९. डोळे.

नागाची दृष्टि तीव्र असते. त्याचे डोळे कधीं मिटत असतील काय? कां नाहींत?—त्यांस पापण्या नसतात.—नागाच्या डोळ्यांवर एक पातळ पडदा असतो. हा पडदा कांतीबरोबर निघतो. कांतीवर हा पडदा दाखवावा.

१०. कान.

नागाचे कान लहान असतात. त्याला चांगलें ऐकूं येत असेल काय? ह्याला चक्षुःश्रवा, म्हणजे डोळ्यांनीं ऐकणारा असें नांव आहे. कां?

११. नाक.

ह्याच्या नाकपुड्या फार लहान असून ह्याचें घ्राणेंद्रिय फारसें तीक्ष्ण नसतें.

१२. शेपूट.

नागाचें शेपूट बरेंच लांब असतें. शेपटांत फांसळ्या नसतात. नाग रागावला म्हणजे त्याचें शेपूट एकसारखें थरारत असतें. भक्ष्याला किंवा शत्रूला विळखा घालून धरण्यास शेपूट

फार उपयोगीं पडतें. शेपूट हा फार नाजूक अवयव आहे. शत्रूनें शेपूट धरूं नये, त्यास इजा पोंचूं नये, म्हणून नाग शत्रु समोर आला असतां काय करितो ? झाडावर किंवा कोठें चढतांना नागाला शेपटाचा फार उपयोग होतो.

१३. भक्ष्य.

नागाचें भक्ष्य काय असेल ?---बेडूक, उंदीर, पक्षी व त्यांचीं अंडीं हें नागाचें मुख्यत्वें भक्ष्य होय.---बरोबर. नागांची भक्ष्य धरण्याची वेळ बहुधा सायंकाळीं असते. भक्ष्य आटोक्यांत आल्यावर हे त्याजवर एकदम उडी घालीत नाहींत; जरा थांबून व मग हळूच पुढें सरसावून त्यास धरितात. होतां होईल तों भक्ष्यप्राण्याचें तोंड धरण्याची त्यांची रीत आहे. नाग भक्ष्य जबड्यांत धरितांच त्यास घट्ट दांत रोंवितात व मग हळू हळू त्यास सबंध गिळतात.

१४. शत्रु.

नागाचे शत्रु कोण बरें असावे ?---घार, गिधाड, गरुड, मोर, मुंगूस इत्यादि प्राणी व मनुष्यें.-- बरोबर.

१५. अंडीं.

नागीण वर्षातून एकदां अंडीं घालिते. अंड्यांची संख्या निश्चित नसते. तीं सुमारें वीसपर्यंत असतात. अंडीं घातल्यापासून त्यांतून पिलें निघण्यास सुमारें दोन महिने लागतात. जेथें ओलावा आणि ऊब मिळेल अशा जागीं नागीण अंडीं घालिते. नागाचें पिलूं अंड्यांत तयार झालें म्हणजे त्यास एक दांत फुटतो. ह्या दांतानें तें अंडें फोडून बाहेर पडतें. नाग अंड्यांतून बाहेर आल्यावर हा दांत आपोआप जिरून जातो. ह्या गोष्टी मुलांस सांगाव्या.

१६. वाढ.

नागाची लांबी आरंभीं सुमारें दहा अकरा इंच असते. पूर्ण वाढलेला नाग सुमारें साडे पांच फूट लांब असतो. क्वचित ह्याहून लांब नाग आढळतात. नागाची पूर्ण वाढ सुमारें चार वर्षांनीं होते.

१७. चालीरिती व स्वभाव.

नाग दिवसा कोठें तरी लपून व स्वस्थ बसून राहतात. त्यांस फार थंडी सहन होत नाहीं, व फार उष्णताही सहन होत नाहीं. अशा वेळीं हे कांहीं न खातां न पितां निचेष्ट पडून राहतात. थंडीच्या दिवसांत सकाळीं ऊन खात पडलेले व उन्हाळ्यांत रात्रीं थंड हवा खाण्यास बाहेर निघालेले नाग हमेश आढळतात. नाग सुमारें दोन महिन्यांनीं एकदां कांत टाकितात. नाग हा सहसा मनुष्याच्या वाटेस जात नाहीं. त्यावर पाय पडल्यास किंवा दुसऱ्या कांहीं रीतीनें त्यास चिडविल्यास मात्र तो चावतो. नाग अत्यंत विषारी आहे! नाग एक, दोन, तीन लहरी असतात. म्हणजे ते चावल्यानंतर मनुष्यास तितके वेळां वेग येतात, व शेवटच्या वेगांत बहुधा अंत होतो. एकलहरी नाग फार दुष्ट. कां? नाग दंश धरितो, त्यास सुगंध आवडतो, त्यास गायन आवडतें इत्यादि गोष्टी लोक सर्वत्र खऱ्या मानितात, पण त्यांत फारसा अर्थ दिसत नाहीं! नागाच्या डोक्यावर तेजस्वी मणी असतो, ह्या म्हणण्यांतही तथ्य नाहीं. नागाच्या बऱ्याच जाति आहेत. नागाचें वसातिस्थान दक्षिण हिंदुस्थान हें होय. गारुडी लोक त्यांचे विषाचे दांत पाडून, त्यांचे विषपिंड काढून किंवा विषपिंडांजवळ चीर पाडून ठेवून त्यांस बाळगितात. ह्या सर्व गोष्टी मुलांस सांगून नीट समजावून द्याव्या.

पाठ एकेचाळिसावा.

रुधिराभिसरण.

पाठाचें साहित्य.—पाणी, शिसा, नळी व सुई.

१. शरीराची झीज.

आपल्या शरीराची रचना कशी आहे, तें कशाकशांनीं बनलेलें आहे, हाडांचा पिंजरा, स्नायु, त्वचा, ज्ञानतंतु (ज्ञानतंतूंविषयींची विशेष माहिती पूर्वीं दिलेली नाहीं.) इत्यादि

शरीराचे भाग आपापलीं कामें एकसारखीं कशीं बजावीत असतात, व त्यामुळें आपल्या शरीराचें सर्व प्रकारें कसें संरक्षण होतें इत्यादि गोष्टी मुलांकडून थोडक्यांत काढून घ्याव्या. [पदार्थपाठमाला गुच्छ पहिला, पाठ पस्तिसावा व छत्तिसावा आणि गुच्छ दुसरा, पाठ एकूणचाळीस ते त्रेचाळीस पहा.]

आपण बराच वेळ काम केलें म्हणजे काय होतें ?–आपण थकतों.–उपवासाच्या दुसऱ्या दिवशीं आपली स्थिति कशी होते ?–आपण अगदीं थकतों, व निरुत्साह होतों.–हा थकवा आणि निरुत्साह कशानें जातो ?–कांहीं तरी खाल्ल्यानें किंवा प्याल्यानें.–आपण जें खातों किंवा पितों तें पोटांत जातें. त्यापासून आपल्या हातांपायांना व मनाला हुशारी कशी यावी ? आपण जें खातों पितों, त्याचें पुढें काय होतें, व त्यापासून आपल्या हातांपायांस कशी हुषारी येते, हें तुम्हाला पुढें कळेल. पण इतकें तुम्हाला ठाऊक आहे कीं, आपण जर कांहीं खाल्लें नाहीं, किंवा प्यालों नाहीं, तर आपण थकतों, व बरेच्च दिवस आपली उपासमर झाली तर आपण अगदीं वाळून जातों. आजारी मनुष्याच्या स्थितीची आठवण द्यावी. असें कां होतें ? आपण जें काम करितों, आपली जी लहानसान हालचाल होते, आपल्या शरीरांत आपलीं इंद्रियें जीं कामें करीत असतात, त्यांपासून आपली एकसारखी झीज होत असते, झोपेंतही ही झीज सुरूच असते, आणि त्यामुळेंच आपल्यास थकवा येतो. हें मुलांच्या चांगलें लक्षांत आणून द्यावें.

२. शरीरांतील पोषक पदार्थ.

आपल्या प्रत्येक हालचालीनें शरीराची झीज होते, म्हणजे शरीरांतील हाडें, मांस, स्नायु, त्वचा इत्यादिकांची झीज होते. ह्यांतले बारीक कण नाश पावतात. त्यांत नवीन भर पाडणारा पोषक पदार्थ आपल्या शरीरांत कोणता आहे ?–रक्त.–आपल्या शरीराच्या हरएक भागांत रक्त कां असतें हें आतां तुमच्या लक्षांत आलेंच असेल. आपल्या शरीरास कोठेंही अगदीं बारीक

सुईनें टोंचलें तरी रक्त निघतें, अर्थात शरीराचा बारीक सुईच्या टोंकाइतकाही भाग रक्तावांचून नसतो, हें मुलांच्या लक्षांत आणून द्यावें. रक्ताचें मुख्य काम काय ?–शरीराच्या प्रत्येक भागांत जी झीज होत असते, ती त्या त्या ठिकाणीं नवीन कणांचा पुरवठा करून भरून काढणें हें रक्ताचें काम आहे.– बरोबर. आपल्या शरीरांत सर्व ठिकाणीं रक्त असतें म्हणून सांगितलें खरें, पण कांहीं भागांत रक्त नसतें. ते भाग कोण सांगतो ?–नखें व केस ह्यांत रक्त नसतें. नखें काढिलीं व केस कातरले तरी त्यांतून रक्त निघत नाहीं.–बरोबर. नखांत व केसांत रक्त नसतें, तरी त्यांच्या मुळांशीं रक्त असतेंच.

३. शरीरांतील रक्त स्थिर नसतें.

हा पाण्यानें भरलेला शिसा पहा. शिशाप्रमाणेंच आपलें शरीरही रक्तानें भरलेलें आहे. पण शिशांतलि पाण्याप्रमाणें आपल्या शरीरांतील रक्त स्थिर असतें काय ? झऱ्यांतील किंवा नळांतील पाणी जसें एकसारखें वाहत असतें तसें शरीरांतील रक्त एकसारखें वाहत असतें. झऱ्यांतील किंवा नळांतील पाणी कसें वाहतें व कोठें जातें ?–झऱ्यांतील किंवा नळांतील पाणी कांहीं जमिनींत मुरतें व बाकीचें सखल भागांतून वाहत जाऊन ओढ्यास मिळतें. पुढें तें ओढ्यांतून नदींत व नदींतून समुद्रांत जातें.–बरें, मग आपल्या शरीरांतील रक्त झऱ्याच्या पाण्याप्रमाणें कोठें जातें ? तें शरीराच्या बाहेर वाहतें काय ? कांहीं दुखापतीनें रक्त शरीराच्या बाहेर वाहून गेल्यास त्यापासून शरीरास अपाय होतो, हें मुलांकडून काढून घ्यावें. शरीरांतील रक्त कोठें वाहत असावें?–तें आंतल्या आंतच वाहत असावें.– बरोबर. तें आंतल्याआंतच वाहतें. एकाद्या हौदांतून पाण्याची नळी काढून ती पुन्हा त्याच हौदांत परत आणून सोडावी, त्याप्रमाणें आपल्या शरीरांतील रक्ताची स्थिति आहे. आपल्या शरीरांतील रक्त एका ठिकाणाहून निघून सर्व शरीरांत वाहत जातें व पुन्हा निघाल्या ठिकाणीं परत येतें. रक्ताचें अशा प्रका-

र्चें वाहणें एकसारखें सुरू असतें. प्राणी जन्मल्यापासून (वस्तुतः गर्भावस्थेंतही. पण ही गोष्ट मुलांस सांगावयाची नाहीं.) तों मरेपर्यंत तें पळभरही थांबत नाहीं. रक्ताच्या ह्या वाहण्यास रक्ताभिसरण किंवा रुधिराभिसरण असें नांव आहे. रक्त एका ठिकाणाहून निघून पुन्हा तेथेंच परत येतें, म्हणून त्याला रक्तपरिवर्तन किंवा रुधिरपरिवर्तन असें म्हणतात. फळ्यावर हे शब्द लिहावे व त्यांचे अर्थ मुलांस नीट समजावून द्यावे.

४. रक्तवाहिनी.

आपल्या शरीरांतील रक्त स्थिर नसतें, तें एकसारखें आपल्या शरीरांत परिवर्तन करीत असतें, हें तुम्हाला समजलें. पण तें कसें वाहतें?रक्त हा पातळ पदार्थ आहे. तो नुसता मोकळा वाहील काय? कां नाहीं? बागेंतील किंवा मळ्यांतील पाटाप्रमाणें उघड्या पन्हळांतून रक्त वाहूं शकेल काय? कां नाहीं? रक्त वाहण्याचा मार्ग कशा प्रकारचा असावा?–पाण्याच्या नळीसारखा.–रक्ताचें शरीरांत परिवर्तन होण्यास एकच नळी असून चालेल काय?–नाहीं.–कां?–आपल्या सर्व शरीरभर रक्त असतें. एकाच नळीनें सर्व शरीरभर रक्त पोंचणार नाहीं.–बरोबर. सर्व शरीरभर रक्त फिरण्यास रक्ताची एक मोठी नळी असून तिचे लहान लहान फाटे सर्व शरीरभर पसरले असले पाहिजेत. तसेंच सर्व शरीरभर पसरलेलें रक्त पुन्हा परत पहिल्या ठिकाणीं येण्यासही सर्व शरीरभर रक्ताच्या नळीचे फाटे फाटे असले पाहिजेत. ह्या गोष्टी पाण्याचे नळ, घाण पाणी वाहण्याच्या मोऱ्या, नालें इत्यादिकांवरून चांगल्या समजावून द्याव्या. मुलांनो, रक्त वाहणाऱ्या नळ्यांस रक्तवाहिनी नालिका किंवा रक्तवाहिनी म्हणतात.

५. धमनी व शीर.

मुलांनो, आपल्या शरीरांत रक्तवाहिनी कशा पसरल्या आहेत तें आतां पाहूं. आपापला हात लांब करा. हाताचा कोणता भाग शरीरापासून दूर आहे?–बोटांचीं टोंकें.–अर्थात शरीरांतून

एक रक्तवाहिनी निघून ती बोटांच्या टोंकांपर्यंत गेली पाहिजे. ह्यांतून रक्ताचें परिवर्तन कसें होत असेल?–रक्ताचा प्रवाह खांद्यापासून बोटांच्या टोंकांपर्यंत जाईल, व नंतर तेथून परत फिरून खांद्यापर्यंत येईल.–बरोबर. आतां ही नळी पहा. हींत ह्या टोंकावाटे पाणी भरितों. तें दुसऱ्या टोंकापर्यंत गेलें आहे. आतां तें पुन्हा परत येण्यास ही नळी पहिल्या टोंकाकडे रिकामी झाली पाहिजे, आणि पहिल्या टोंकाजवळचें पाणी तेथूनच परत फिरलें पाहिजे. खेरीज ह्या नळींत जेथून पाणी प्रथम आलें त्या जागेंतून नळींत नवीन पाणी शिरण्याचें बंद झालें पाहिजे. अशा रीतीनें पाणी एकसारखें वाहत राहील काय?–नाहीं.–तेव्हां आपल्या शरीरांतही अवयवाच्या टोंकापर्यंत रक्त पोंचविण्याचें व मग तेथून रक्त परत आणण्याचें काम एकाच नळीनें होईल काय? –नाहीं. एक रक्त पोंचविण्यास व दुसरी तें परत आणण्यास अशा दोन रक्तवाहिनी प्रत्येक ठिकाणीं पाहिजेत. तरच रक्ताचें परिवर्तन एकसारखें सुरू राहील.–बरोबर. आपल्या शरीरांत दोन प्रकारच्या रक्तवाहिनी आहेत. हाताचें उदाहरण घेऊं. एक रक्तवाहिनी खांद्यापासून बोटांच्या शेवटांपर्यंत रक्त नेते, व दुसरी रक्तवाहिनी बोटांपासून खांद्याकडे रक्त परत आणिते. पहिलीचें जें शेवट तो दुसरीचा आरंभ. म्हणजे ह्यांचीं टोंकें एकमेकांस जोडलेलीं असतात. रक्त पुढें नेणाऱ्या रक्तवाहिनीस धमनी किंवा नाडी म्हणतात, व रक्त शरीराकडे परत आणणाऱ्या रक्तवाहिनीस शीर असें म्हणतात. हातांमधील एक धमनी किंवा नाडी व एक शीर दाखवावी. शीर हिरवी निळी दिसते. नाडी तांबूस असून ती उडत असते. वैद्य लोक नाडी कोठें पाहतात, व नाडी कशी उडत असते, तें दाखवावें.

मुलांनो, आपलें रक्त एकसारखें वाहत असतें हें तुम्हाला समजलें. पण रक्त वाहण्याचें कारण काय, व तें कोठून निघतें व परत कोठें जातें, ह्या गोष्टी तुम्हाला अद्याप समजल्या नाहींत. त्या गोष्टी तुम्हाला पुढल्या पाठांत समजतील.

पाठ बेचाळिसावा.

हृदय.

पाठाचें साहित्य.—मनुष्याच्या शरीराचें चित्र, हृदयाचें व त्याच्या भागांचें चित्र, शिरांची व धमन्यांची रचना दाखविलेलें मनुष्याचें चित्र, मिळाल्यास खाटकाकडून आणिलेलें बकऱ्याचें हृदय वगैरे, जाडा कागद, पातळ कागद, डिंक, रबराचा पोकळ फुगा, पाणी व खिशांतील घड्याळ.

१. उपोद्घात.

मागील पाठाची थोडक्यांत उजळणी करून रुधिराभिसरण, रक्तवाहिनी, धमनी व शीर म्हणजे काय, शरीरांत रुधिराभिसरण कसें होतें वगैरे गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या. मुलांनो, आपल्या शरीरांत रक्ताभिसरणास आरंभ कोठें होतो, तो कां होतो व शेवटीं रक्त कोठें परत येतें, हें आज आपल्याला पहावयाचें आहे.

२. हृदय.

आपल्या शरीरांत रक्ताचा एक खजिना आहे. त्याला रक्ताशय—रक्ताचा सांठा, खजिना—असें म्हणतात. त्यालाच हृदय असेंही नांव आहे. हृदयाचा आकार साधारणतः रामफळासारखा असतो, व तें ज्या त्या मनुष्याच्या मिटलेल्या मुठीइतकें मोठें असतें. हृदय छातींत डाव्या बाजूस असतें. मनुष्याच्या शरीराचें चित्र दाखवून त्यांत हृदय कोठें कसें असतें तें दाखवावें. एका मुलाची छाती उघडी करून हृदय कोठें असतें तें दाखवावें. मुलांस आपापल्या छातीचा डावेकडचा भाग हातानें किंचित दाबून पाहण्यास सांगावें, म्हणजे हृदय धड धड करीत असलेलें त्यांच्या हातास समजेल. हृदयाचा आकार वगैरे लक्षांत येण्याकरितां [मिळाल्यास खाटकाकडून आणलेलें] बकऱ्याचें हृदय दाखवावें. हृदय नुसत्या स्नायूंनीं बनलेलें असतें, व त्याचे चार भाग असतात. हे चारी भाग बहुतेक सारखे असतात. हे चार भाग म्हणजे चार पोकळ्या किंवा खोल्या होत. हृदयाचें

चित्र दाखवून हे चारी भाग दाखवावे. [आकृति २८ पहा.] हृदयांत मधोमध उभा पडदा असतो, व उजवीकडच्या दोन्ही पोकळ्यांचा डावेकडच्या दोन्ही पोकळ्यांशीं संबंध नसतो. उजवीकडच्या वरच्या खोलींतून उजवीकडच्या खालच्या खोलींत, व डावीकडच्या वरच्या खोलींतून डावीकडच्या खालच्या खोलींत रक्त येण्यास एकेक भोंक असतें. परंतु त्या भोंकांतून खालच्या खोलींतून वरच्या खोलींत रक्त जाऊं शकत नाहीं. याचें कारण, त्या भोंकांवर खालच्या खोलींत उघडणारा पडदा असतो, व तो पडदा खालून वर रक्त जाऊं लागल्यास एकदम बंद होतो. जाड्या कागदास एक लहान भोंक पाडावें व त्याच्या एका बाजूस अगदीं बिराबिरीत कागदाचा एक तुकडा बिजागरीप्रमाणें एका अंगास चिकटवावा. ह्या पातळ कागदावर एका बाजूनें फुंकर घातल्यास तो पडदा उघडतो व दुसऱ्या बाजूनें फुंकर घातल्यास तो बंद होतो. ह्या प्रयोगावरून हृदयाच्या दोहों खोल्यांमधील पडद्याची मुलांस नीट समजूत करून द्यावी, व फळ्यावर आकृति काढून दाखवावी.

३. हृदयाचें आकुंचन व प्रसरण.

मुलांनो, हृदय व त्याचे चार भाग ह्यांविषयीं तुम्हाला माहिती झाली. आतां हृदयाचें कार्य कसें घडतें तें पाहूं. हृदय कशाचें बनलेलें आहे?—स्नायूंचें.—स्नायु फार लवचीक व स्थितिस्थापक असतात हें तुम्हाला माहीतच आहे. स्नायु ताणल्यास ताणला जातो, पण त्यावरील ताण निघतांच तो आकुंचन पावतो. रबराचें उदाहरण द्यावें. हृदय हें रबराच्या पोकळ फुग्याप्रमाणें आहे. रबराच्या पोकळ फुग्यांत बाहेरून जोरानें हवा किंवा पाणी आंत भरल्यास तो ताणतो, पण नवीन हवा किंवा पाणी आंत येण्याचें बंद होतांच तो आकुंचन पावूं लागून आंतल्या हवेस किंवा पाण्यास जोरानें बाहेर लोटतो. हृदयाच्या फुग्यांत बाहेरून हवा किंवा पाणी येत असेल काय?—नाहीं. हृदय म्हणजे रक्ताचा खजिना. म्हणून त्यांत बाहेरून रक्तच येत

असावें.—बरोबर. आपल्या शरीरांत रक्ताचें एकसारखें परिवर्तन सुरू असतें. म्हणजे शरीरांतल्या एका ठिकाणाहून रक्ताचा प्रवाह निघून तो सर्व शरीरभर जातो, व नंतर तें सर्व रक्त पहिल्या ठिकाणीं परत येतें. ह्या गोष्टी तुम्हाला मागील पाठांत समजल्याच आहेत, व रक्ताचा प्रवाह निघण्याचें आणि रक्त परत गोळा होण्याचें ठिकाण, म्हणजे रक्ताचा खजिना, हृदय होय हेंही तुम्हाला आतां समजलें. यावरून हृदयाचें कार्य तुमच्या लक्षांत आलें असेल. हृदयाचें कार्य थोडक्यांत सांगा पांहूं.—रबराच्या पोकळ फुग्याप्रमाणें स्नायूंच्या चार पोकळ्या मिळून हृदय झालें आहे. रबराप्रमाणेंच स्नायुही स्थितिस्थापक आहेत. फुग्यांत वारा फुंकला कीं तो फुगतो, त्याप्रमाणें हृदयांत शरीरांतील रक्त परत येऊन तें फुगतें. फुग्यांत आणखी हवा भरण्याचें बंद होतांच तो आकुंचन पावतो, व त्यामुळें आंतील हवा जोरानें बाहेर पडते. हृदयांत यावयाचें तितकें रक्त येतांच तें एकदम आकुंचन पावूं लागतें, व आंतील रक्त जोरानें बाहेर पडतें. हें हृदयाचें कार्य एकसारखें सुरू असतें.—हृदयाच्या कार्याचें हें वर्णन मुलांस जुळवून सांगतां येणार नाहीं. तें शिक्षकानें मदत करून संभाषणरूपानें त्यांजकडून जुळवून घ्यावें.

४. हृदयाचें कार्य.

हृदयाचें एकदां आकुंचन होतें, व लागलेंच त्याचें प्रसरण होतें, आणि ही त्याची हालचाल एकसारखी सुरू असते. हृदयाची ही हालचाल प्राण्याच्या जन्माबरोबर [वस्तुतः गर्भावस्थेंतही. पण मुलांस हें सांगूं नये.] सुरू होते, व ती बंद पडली कीं त्यास मरण येतें. खिशांतील घड्याळ जवळ असल्यास त्यांतील मुख्य चक्र व त्याला जोडलेली केशाकार कमान हीं दाखवावीं. केशाकार कमानीची हालचाल सुरू आहे तोंपर्यंत घड्याळ चालू राहतें, व ती हालचाल बंद पडतांच घड्याळ चालण्याचें बंद राहतें, हें दाखवावें. आपल्या शरीरांतील मुख्य चक्र म्हणजे

आपलें हृदय होय. हृदयाच्या आकुंचनानें व प्रसरणानें काय कार्य होतें तें आतां पाहूं.

शरीरांतील रक्त हृदयांत परत आणणाऱ्या रक्तवाहिनींस काय म्हणतात?–शिरा.–शिरा आरंभीं बारीक असतात, पण त्यांस वाटेंत आणखी शिरा मिळून त्या जों जों हृदयाकडे येतात तों तों त्या मोठमोठ्या होंत जातात. समुद्रास मिळणाऱ्या नदीचें उदाहरण देऊन ही गोष्ट स्पष्ट करावी. हाताची शीर दाखवावी. शिरांची रचना दाखविणारें मनुष्याच्या शरीराचें चित्र दाखवावें. शरीराच्या डोक्याकडील भागांतून परत आलेलें सर्व रक्त अखेर एका मोठ्या शिरेंत येतें, व शरीराच्या खालच्या भागांतून आलेलें सर्व रक्त एका मोठ्या शिरेंत येतें, आणि नंतर ह्या दोन्ही मोठ्या शिरा एकत्र होऊन झालेली मोठी शीर हृदयाच्या उजव्या बाजूच्या वरच्या खोलींत येते. म्हणजे सर्व शरीरांतील परत आलेलें रक्त उजव्या बाजूच्या वरच्या खोलींत येतें. शरीरांतून परत आलेलें रक्त अशुद्ध असतें. तें अशुद्ध कां व कसें होतें तें तुम्हाला पुढें कळेल. हें अशुद्ध रक्त हृदयांत वरच्या उजव्या खोलींत आल्यावर ती खोली आकुंचन पावूं लागते व त्यामुळें तिच्या तळीं असलेला पडदा उघडून तें रक्त खालच्या उजव्या खोलींत येतें. लागलीच खालची उजवी खोली आकुंचन पावूं लागते, व त्या खोलींतून निघणाऱ्या धमनीवाटे तें रक्त बाहेर पडतें. ही धमनी फुप्फुसांत जाते म्हणून हिला आपण फुप्फुसाची धमनी असें म्हणूं. हें सर्व रक्त अशुद्ध असतें, हें तुम्हाला ठाऊकच आहे. तें अशुद्ध रक्त शुद्ध होण्यासाठीं फुप्फुसांत जातें. फुप्फुसांत जाऊन रक्त कसें शुद्ध होतें हें तुम्हाला वरच्या इयत्तेंत गेल्यावर समजेल. फुप्फुसांत गेलेलें अशुद्ध रक्त तेथें शुद्ध झाल्यावर कोठें जात असेल?–तें परत हृदयांत येत असलें पाहिजे. तेथें आल्यावांचून रक्ताची प्रदक्षिणा–परिवर्तन–पुरी होणार नाहीं.–बरोबर. फुप्फुसांत शुद्ध झालेलें सर्व रक्त अखेर वरच्या डाव्या खोलींत येतें. वरच्या डाव्या खोलींत सर्व रक्त येतांच ती आ-

कुंचन पावूं लागते व त्याबरोबर तिच्या तळीं असलेला पडदा उघडतो, आणि तींतलें सर्व रक्त खालच्या डाव्या खोलींत येतें. खालच्या डाव्या खोलींत सर्व रक्त येतांच तिचें आकुंचन होऊं लागतें, वरचा पडदा बंद होतो, व तिच्यांतलें सर्व रक्त एका मोठ्या धमनीवाटे सर्व शरीरांत जाण्याकरितां बाहेर पडतें. हृदयांत रक्त कसें येतें व त्यांतून कसें बाहेर पडतें तें चित्रावर व फळ्यावरलि आकृतींत मुलांकडून दाखवून घ्यावें. [आकृति २९ पहा. रक्ताच्या प्रवाहाची दिशा बाणांच्या टोंकांनीं दाखविली आहे.]

५. हृदयाच्या संकोचाचा व विकासाचा क्रम.

हृदयाच्या वरच्या व खालच्या खोल्यांचा संकोच व विकास एकदम होत नाहीं हें तुम्हाला समजलेंच. वरच्या दोन्ही खोल्या एकदम विकास पावतात, व उजव्या खोलींत शरीरांतील अशुद्ध रक्त येतें, आणि डाव्या खोलींत फुफ्फुसांतून [पूर्वीं तिकडे गेलेलें] शुद्ध होऊन आलेलें रक्त येतें. लागल्याच वरच्या दोन्ही खोल्या एकदांच संकोच पावतात व खालच्या दोन्ही खोल्या एकदांच विकास पावतात. खालच्या उजव्या खोलींत वरच्या उजव्या खोलींतील अशुद्ध रक्त येतें व खालच्या डाव्या खोलींत वरच्या डाव्या खोलींतील शुद्ध रक्त येतें. लागलाच दोन्ही खालच्या खोल्यांचा एकदांच संकोच होतो, खालच्या उजव्या खोलींतील अशुद्ध रक्त फुफ्फुसांकडे जातें, व खालच्या डाव्या खोलींतील शुद्ध रक्त शरीरांत जातें. असाच क्रम एकसारखा सुरू असतो. ह्या सर्व गोष्टी मुलांस चित्र व आकृति दाखवून नीट समजावून द्याव्या.

मुलांनो, हृदय आणि रुधिराभिसरण हा विषय फार कठीण आहे. ह्या विषयाची आतांपर्यंत माहिती मिळाली तितकी तुम्हाला तूर्त पुरे. ह्याहून जास्त माहिती तुम्हाला पुढें मिळेल.

पाठ त्रेचाळिसावा.

पचनक्रिया.

पाठाचें साहित्य.—तोंड, अन्ननलिका, अन्नाशय, आंतडीं वगैरे दाखविणारें मोठें चित्र; तीन काचपात्रें, पाणी, पीठ, मीठ व साखर.

१. अन्नाचें पचन.

झऱ्याच्या पाण्याप्रमाणें आपल्या शरीरांत रक्त वाहत असतें, व तें नुसतें वाहत नसून शरीरांत एकसारख्या प्रदक्षिणा करीत असतें. मागील पाठांवरून मुलांकडून ह्या गोष्टी काढून घ्याव्या. आपल्या शरीरांतील हरएक हालचाल घडविणारे स्नायु, विचार करणारा आपल्या मस्तकांतील मेंदु, आपले डोळे, कान, नाक, त्वचा, हात, पाय इत्यादि सर्व अवयव आणि इंद्रियें जीं कामें करितात, त्या कामांनीं त्यांची झीज होते, त्यांच्यांत कांहीं कणांचा नाश होतो, हेंही पूर्वीं एकदां तुम्हाला ठाऊक झालें आहे. सर्व इंद्रियांस व अवयवांस नवीन कणांचा पुरवठा करून त्यांची झीज भरून काढण्याचें काम कोण करितें ?—रक्त.—रक्ताचें सर्व शरीरांत अभिसरण किंवा परिवर्तन कां होत असतें? —सर्व अवयवांस नवीन कणांचा पुरवठा करून त्यांची झीज भरून काढण्याकरितां.—रुधिराभिसरणापासून आणखी सुद्धां कांहीं कार्यें होत असतात तीं तुम्हाला पुढें समजतील. पण अवयवांची झीज भरून काढण्यास लागणाऱ्या नवीन कणांचा पुरवठा रक्तामध्यें कोठून होतो ?—आपण जें खातों व पितों त्यापासून.—बरोबर. आपण जें अन्न खातों व पातळ पदार्थ पितों त्यांपासून रक्त बनतें. रक्त कोठें असतें व तें कोठून कसें वाहतें हें आपल्याला मागील पाठांत समजलें आहे. रक्ताचा मोठा खजिना हृदयांत असून तें शिरांतून व धमन्यांतून वाहतें. शिरा व धमन्या यांचीं शेवटें व फाटे केसापेक्षांही बारीक असतात. आपण खातों तसें जाडें भरडें अन्न हृदयांत किंवा

शिरा व धमन्या यांत जातें काय ? तसें अन्न त्यांत गेलें तर रक्त केशाकार रक्तवाहिन्यांतून वाहील काय ? अन्नाचें रक्त बनण्यास म्हणजे खाल्लेलें अन्न रक्तांत मिळून जाण्यास तें अतिशय बारीक झालें पाहिजे. यालाच अन्नाचें पचन होणें असें म्हणतात, व अन्नाचें पचन होण्याची जी क्रिया शरीरांत चालते तिला पचनक्रिया म्हणतात. पचनक्रियेनें अन्नाचें रक्त बनतें. तें कसें बनतें तें आतां पाहूं.

२. पचनक्रिया.

केसापेक्षांही बारीक अशा रक्तवाहिन्यांतून रक्त वाहतें. यास्तव आपण खातों तें अन्न रक्ताशीं मिळून जाण्यास त्याचें अगदीं बारीक पीठ झालें पाहिजे असें आपल्याला समजलें. पण अन्नाचें नुसतें पीठ झाल्यानें तें रक्तांत मिळून जाईल काय ? तीन काचपात्रांत पाणी ओतावें. एकांत थोडें पीठ, दुसऱ्यांत थोडें मीठ व तिसऱ्यांत थोडी साखर घालावी, व चमच्यानें ढवळावें. काय झालें ?–साखर व मीठ पाण्यांत विरघळलीं; तीं काचपात्रांतील पाण्यांत दिसत नाहींत. पीठ पाण्यांत मिळून गेलें आहे, तरी तें पाण्यांत दिसत आहे. थोड्या वेळानें पीठ काचपात्रांत तळाशीं बसेल. मीठ व साखर हीं तळाशीं बसणार नाहींत.–पीठ पाण्याशीं मिळून जातें, त्याप्रमाणें अन्नाचा अंश रक्ताशीं मिळून गेलेला चालेल काय ?–नाहीं. अन्नाचा अंश पिठाप्रमाणें रक्तांत नुसता मिळून गेला तर रक्त चांगलें वाहूं शकणार नाहीं, व अन्नाचा अंश जागोजाग सांठूं लागेल.–अतिशय बारीक केशाकार रक्तवाहिनींमधून रक्त वाहण्याला अन्नाचा अंश त्यांत साखरेप्रमाणें किंवा मिठाप्रमाणें विरघळूनच गेला पाहिजे. अर्थात अन्न पचन होण्यास म्हणजे तें रक्तांत मिळून जाण्यास तें अतिशय बारीक झालें पाहिजे व विरघळलें पाहिजे. तें कोठें व कसें बारिक होतें व विरघळतें तें क्रमानें पाहूं.

३. पचनक्रियेचा क्रम.

आपण अन्न खातों तें प्रथम कोठें असतें ?–तोंडांत.–तेथें त्याचें काय होतें ?–तें आपण चावून बारीक करितों.–मग पुढें

अन्न कोठें जातें ?--आपण तें गिळतों व तें पोटांत जातें.–पोटामध्यें गेलेलें अन्न प्रथम एका पिशवींत जातें. तिला जठर, अन्नाशय, आमाशय वगैरे नांवें आहेत. अन्न तेथून एका लांबच लांब असलेल्या नळींत जातें. ह्या नळीला आंतडें म्हणतात. आंतड्याचे दोन भाग असतात. पहिला भाग जास्त लांब पण बारीक असतो, त्याला धाकटें आंतडें म्हणतात. दुसरा भाग आखूड व जाडा असतो, त्याला मोठें आंतडें म्हणतात. अन्नाशयांत किंवा जठरांत गेलेलें अन्न प्रथम धाकट्या आंतड्यांत व मग मोठ्या आंतड्यांत जातें. चित्रावर अन्नाशय, धाकटें आंतडें व मोठें आंतडें हीं दाखवावीं. या तिन्ही ठिकाणीं अन्नाचें पचन होतें, व पचन झालेलें, म्हणजे बारीक होऊन विरघळलेलें, अन्न रक्तांत जाऊन मिळतें. तोंडांत, अन्नाशयांत व दोहों आंतड्यांत अन्नाचें काय होतें, व तें कसें पचन होतें तें पुढील पाठांत पाहूं. आज समजलेल्या गोष्टी नीट लक्षांत ठेवा.

पाठ चव्वेचाळिसावा.

पक्काशय व पचनेंद्रियें.

पाठाचें साहित्य.—पक्काशय व पचनेंद्रियें दाखविणारें मनुष्याच्या शरीराचें चित्र, गव्हांची पिठी, पाणी, टिपकागद, व मिळाल्यास कोंबडीचे पक्काशय व पचनेंद्रियें. [पाठ देतांना ह्यांतले भाग वेळोवेळीं दाखवावे.]

१. उपोद्घात.

प्रथम मागील पाठाची थोडक्यांत उजळणी करावी. खाल्लेल्या अन्नावर तें पचन होण्याकरितां कोठें कोठें कार्य घडावें लागतें ?—तोंडांत, अन्नाशयांत, धाकट्या आंतड्यांत व मोठ्या आंतड्यांत.—ह्या प्रत्येक ठिकाणीं अन्नाचें काय होतें तें क्रमानें पाहूं.

२. तोंडांत होणारें कार्य.

आपण अन्न तोंडांत घालतांच प्रथम काय करितों ?–तें चावतों.–कां ?–तें बारीक करण्याकरितां.–अन्न चावून बारीक न केलें तर काय होईल ?–गिळण्यास अडचण पडेल, व तें चांगलें पचणार नाहीं. –अन्न पचन होण्यास तें फार बारीक व्हावें लागतें हें तुम्हाला ठाऊकच आहे. अर्थात पचनक्रियेच्या कामीं दांतांचा किती उपयोग आहे तो तुमच्या लक्षांत येईल. अन्न चावल्यानें तें बारीक होतेंच. पण अन्न चावण्याचा आणखीही एक उपयोग आहे. अन्न चावीत किंवा चघळीत असतां तें कोरडें असलें तरी ओलें होतें. कशानें ?–तोंडांतील पाण्यानें.–तोंडांतल्या ह्या पाण्याला आपण काय म्हणतों ?–लाळ.–लाळ कोठून निघते ? आंबट, तिखट वगैरे पदार्थ पाहिले म्हणजे काय होतें ?–तोंडाला पाणी सुटतें.–हें पाणी म्हणजेच लाळ होय. तोंडाच्या आंतल्या बाजूनें ही लाळ निघते. ह्या लाळेनें अन्न ओलें झाल्यामुळें तें गिळण्यास सोपें जातें. शिवाय पचनक्रियेंतही लाळेचा मोठा उपयोग आहे. ही गव्हाच्या पिठाची चिमटी जिभेवर धरून ठेवा व काय होईल तें नीट लक्षांत आणा.–पीठ ओलें झालें. त्यास प्रथम चव नव्हती, पण मग तें पातळ झालें व गोड लागूं लागलें.–असें कां झालें ?–पिठांत लाळ मिसळल्यानें त्याची साखर झाली. [पदार्थपाठमाला गुच्छ पहिला, पृष्ठ १२२ पहा.] –बरोबर. पीठ पाण्यांत विरघळत नाहीं. साखर विरघळते. आपण खातों त्यांपैकीं पिठासारखा–सत्वाचा–अंश असतो त्यांत तोंडांतली लाळ मिळाल्यानें काय होतें ?–अन्नांतील सत्वमय भागाची लाळ मिसळून साखर बनते, म्हणजे अन्नांतील सत्वमय भाग पचन होऊन तो रक्तांत विरघळण्यासारखा बनतो.–भात, भाकर, कडधान्यें इत्यादि पदार्थ आपल्या अन्नांत मुख्यत्वें असून, त्यांत सत्वाचा अंशच बहुतेक असतो, व सत्वमय पदार्थ लाळ मिसळल्यानें पचन होतात. ह्यावरून पचनक्रियेंत लाळेचें व तोंडाचें महत्त्व किती आहे तें तुमच्या लक्षांत येईल.

३. जठरांत होणारें कार्य.

तोंडांत अन्न चांगलें चावल्यावर आपण तें गिळितों. गळयांत मागच्या अंगास असलेल्या नळीवाटे तें जठरांत जातें. ह्या नळीला अन्ननलिका म्हणतात. चित्रावर ही नलिका व जठर हीं दाखवावीं. जठर किंवा अन्नाशय ही स्नायूंनीं बनलेली एक पिशवी आहे. ही छातीच्या फांसळयांच्या खालीं पोटांत वरच्या बाजूस असते. जठराचा आकार पखालीसारखा असतो. ज्या स्नायूंनीं अन्नाशय बनतो ते स्नायु एकसारखे एकदां प्रसरण व मग आकुंचन पावत असतात, आणि जेवल्यावर ही क्रिया फार जोरानें सुरू होते. जठराच्या आकुंचनप्रसरणामुळें आंतील अन्न इकडून तिकडे व तिकडून इकडे आपटतें व आणखी बारीक होतें. ह्याच वेळीं जठराच्या आंतल्या बाजूनें एक प्रकारचा पातळ रस निघून तो अन्नांत मिसळतो. तोंडांत होणारें कार्य व जठरांत होणारें कार्य ह्यांची तुलना करावी. जठरांतून निघणाऱ्या रसास जाठररस म्हणतात. जाठररसाचें कोणाशीं साम्य आहे?–लाळेशीं.–जाठररसही अन्नांतील एका भागाचें पचन करितो, म्हणजे त्यास विरघळण्याजोगा बनवितो. अन्नांतील सत्वाचें जाठररसानें पचन होत नाहीं, तर मांस व मांसोत्पादक पदार्थ म्हणजे बलक, चक्का वगैरे ह्यांचें जाठररसानें पचन होतें. जठराच्या आंतल्या अंगास केशाकार रक्तवाहिन्यांचें जाळें असतें. त्या रक्तवाहिन्यांची त्वचा फार पातळ असते, व त्या जठरांत तयार झालेला रक्तांत मिसळण्याजोगा अन्नरस शोषून घेतात. भरलेल्या भांड्यावर टिपकागद ठेविल्यास तो पाणी शोषून घेतो हें दाखवावें. सत्वमय व मांसोत्पादक अंशाचें लाळेनें व जाठररसानें पचन होतें, व हा पचन झालेला भाग जठरांतील रक्तवाहिन्या लागलाच शोषून घेतात.

४. काळीज, पित्ताशय किंवा यकृत.

जठरांत अन्नाचा बराच भाग पचन होऊन तो रक्तवाहिन्यांकडून शोषण केला जातो. तरी सर्वच अन्नाचें पचन जठ-

रांत होत नाहीं. हा न पचलेला भाग पुढें कोठें जातो?–धाकट्या आंतड्यांत.–बरोबर. जठरांत न पचलेला अन्नाचा भाग धाकट्या आंतड्यांत जाण्यापूर्वीं त्याच्यावर आणखी एक कार्य घडत असतें. अन्नाशय व धाकटें आंतडें यांच्या सांध्याजवळ ही एक मोठी गांठ आहे पहा. चित्रांत काळीज दाखवावें. आपल्या शरीरांत उपयुक्त रस सांठून राहण्याकरितां ठिकठिकाणीं अशा लहान मोठ्या गांठी असतात. त्यांना पिंड असें म्हणतात. लाळ व जाठररस हीं सुद्धां अशाच प्रकारच्या पिंडांपासून निघत असतात. काळीज किंवा पित्ताशय हाही एक मोठा पिंड आहे. ह्या पिंडांत जो रस सांठून राहतो त्याला पित्त म्हणतात. जठर व धाकटें आंतडें ह्यांच्या सांध्यावर एक भोंक आहे व त्याला पित्ताशयाचें टोंक लागलेलें आहे. पित्ताशयांतून एकसारखें पित्त निघत असतें व तें ह्या भोंकावाटे आंतड्यांत शिरणाऱ्या अन्नांत मिसळतें. पित्ताचा उपयोग काय असेल?–अन्न पचण्याचे कामीं पित्ताचा उपयोग होत असावा.–बरोबर. पित्तानें कोणत्या प्रकारचें अन्न पचत असावें? सत्वमय व मांसमय भागाहून निराळा असा कोणता भाग आपल्या अन्नांत असतो?–तेल, तूप यांसारखे स्निग्ध–ओशट–पदार्थ.–बरोबर. हे स्निग्ध पदार्थ लाळेनें किंवा जाठररसानें पचन होत नाहींत, म्हणजे विरघळत नाहींत. हे पदार्थ आंतड्यांत शिरतांना त्यांत पित्त मिसळतें, व तेणेंकरून त्यांचें पचन होतें, म्हणजे ते विरघळतात. ह्याप्रमाणें पित्ताचा व पित्ताशयाचा अन्नपचनाचे कामीं फार मोठा उपयोग आहे.

५. सर्वपाचनी.

अन्नाशयाच्या खालच्या बाजूस हा आणखी एक लांबट पिंड आहे. ह्यास सर्वपाचनी असें नांव आहे. चित्रावर सर्वपाचनी पिंड दाखवावा. अन्नांतील सर्व सत्वमय व मांसोत्पादक अंश पचण्यास पुरेशी लाळ व जाठररस न मिळाल्यानें, त्यांतला कांहीं भाग न पचतांच आंतड्यांत शिरत असतो. ह्याचें जर पचन

झालें नाहीं तर तो भाग सर्व फुकट जाईल. जेथें पित्त आंतड्यांत शिरतें त्याच्याच समोर सर्वपाचनीचें टोंक आंतड्यांत शिरतें, व तिच्यांतून एक प्रकारचा पाचक रस एकसारखा आंतड्यांत जात असतो. पूर्वीं न पचलेला सत्वाचा व मांसोत्पादक अंश ह्या रसानें पचतो. शिवाय स्निग्ध पदार्थांचें पचन करण्याची शक्तिहि ह्या पिंडांतील रसांत आहे. ह्यावरून ह्या * सर्वपाचनी पिंडाचा किती उपयोग आहे तें आतां तुमच्या लक्षांत येईल. ह्या पिंडांतील रसाला सर्वपाचक रस असें आपण म्हणूं.

६. लहान आंतड्यांत होणारें कार्य.

अन्नाशयाचे उजवे टोंकापासून लहान आंतड्यास आरंभ होतो. लहान आंतड्यांची लांबी मनुष्याच्या उंचीच्या सुमारें पांचपट असते. मोठ्या मनुष्याची उंची सुमारें किती असते? –सुमारें पांच साडेपांच फूट.–त्याच्या लहान आंतड्याची लांबी किती असावी?–सुमारें पंचवीस पासून सत्तावीस फूट.–इतक्या लांबीची नळी मनुष्याच्या लहानशा पोटांत मावण्यास काय केलें असलें पाहिजे?–ती दुमडली असली पाहिजे.–चित्रावर लहान आंतडें व त्याची ठेवण दाखवावी.–आंतड्याच्या आरंभीं त्यांत काय काय शिरतें?–न पचलेलें अन्न, पित्त व सर्वपाचक रस.—बरोबर. पित्तानें व सर्वपाचक रसानें आंतड्यांत पचन न झालेल्या अन्नांतले कोणकोणते भाग पचतात?—स्निग्ध पदार्थ व लाळेनें आणि जाठररसानें न पचलेले सत्वमय व मां-

---

* ह्या पिंडाला इंग्रजींत Pancreas [प्यांक्रिअस] असें नांव आहे. ह्या पिंडापासून घडणाऱ्या कार्याविषयीं अद्याप चांगली माहिती झालेली नाहीं असें दिसतें. ह्या पिंडाला कै० डाक्टर गोखले ह्यांनीं 'स्नेहपाचनी' असें नांव दिलेलें आहे. ह्या पिंडांतील रसानें फक्त वसामय म्हणजे स्निग्ध पदार्थ पचतात, असें त्यांचें मत होतें, व म्हणूनच त्यांनीं ह्या पिंडाला 'स्नेहपाचनी' व त्यांतील रसाला 'वसापाचक रस' हीं नावें दिलीं आहेत. सारांश, ह्या पिंडाच्या कार्यासंबंधानें अद्याप बराच मतभेद आहे.

सासारखे पदार्थ.—लहान आंतड्यांत शिरण्यापूर्वीं बहुतेक अन्नाचें पचन व्हावें, अशी योजना आहे. लहान आंतडेंही स्नायूंचेंच बनलेलें आहे. म्हणून तेंही एकसारखें आकुंचन व प्रसरण पावत असतें. आंतड्याच्या आकुंचनप्रसरणानें काय होत असावें?—अन्नाचा भाग आपटून बारीक होत असावा.—बरोबर. आंतड्यांतूनही एक रस एकसारखा निघून अन्नांत मिसळत असतो. ह्या रसानें काय होत असेल?—अन्नाचा पातळ रस होऊन तें पचण्यास मदत होत असेल.—आंतड्यांतून निघणाऱ्या रसाला आंत्ररस म्हणतात. ह्याच्या अंगीं अन्नांतील सर्व प्रकारचा अंश पचविण्याचा धर्म आहे. आंत्र म्हणजे आंतडें. आंत्ररस म्हणजे आंतड्यांतून निघणारा रस. आंतड्यांत कोणतें मुख्य कार्य होतें?—अन्नरस अधिक बारीक व पातळ होऊन सर्व प्रकारच्या पचन न झालेल्या भागाचें आंत्ररसानें पचन होतें.—जठराप्रमाणें आंतड्याच्या आंतल्या बाजूस रक्तवाहिन्यांचें जाळें असतें. पित्त, सर्वपाचक रस व आंत्ररस ह्यांनीं पचन केलेला सर्व अन्नरस त्या रक्तवाहिन्या रक्तांत शोषण करून घेतात. [आंतड्यांत होणारी रक्तशोषणक्रिया जठरांतील रक्तशोषणक्रियेहून भिन्न आहे. तथापि तो भेद मुलांस एव्हां सांगावयाचा नाहीं.]

७. मोठ्या आंतड्यांत होणारें कार्य.

आंतड्याचा हा शेवटाकडला भाग जाडा असतो, म्हणून याला मोठें आंतडें म्हणावयाचें. मोठें आंतडें व त्याची ठेवण हीं चित्रावर दाखवावीं. मोठ्या आंतड्याची लांबी मनुष्याच्या उंचीइतकी असते. मोठ्या आंतड्यांत लहान आंतड्याप्रमाणेंच सर्व कार्य होत असतें. वस्तुतः लहान व मोठें आंतडें मिळून एकच नळी असते. मोठ्या आंतड्याचें शेवट तेंच गुदद्वार. अन्नांतील सर्व रस शोषून घेतल्यावर शिल्लक राहिलेला गाळ व शरीरास निरुपयोगी असलेला भाग ह्या टोंकावाटे विष्टेच्या रूपानें अखेर बाहेर पडतो.

८. पक्काशय व पचनेंद्रियें.

आशय म्हणजे पिशवी. पक्काशय म्हणजे अन्न पचविण्याची पिशवी. ह्यावरून आपल्या शरीरांत किती पक्काशय आहेत?—दोन किंवा तीन.—कोणते?—जठर व आंतडीं. लहान व मोठें आंतडें निराळें मानिल्यास तीन; जठर, लहान आंतडें व मोठें आंतडें.—अन्न पचण्याचे कामीं ज्या इंद्रियांचा उपयोग होतो त्यांस पचनेंद्रियें म्हणतात. तोंडांत लाळ उत्पन्न करणारे पिंड, जठरांत जाठररस उत्पन्न करणारे पिंड, पित्ताशय, सर्वपाचनी व लहान आणि मोठ्या आंतड्यांत आंत्ररस उत्पन्न करणारे पिंड हीं सर्व पचनेंद्रियें समजावयाचीं.

अन्नपचनाविषयींची सामान्य माहिती तुम्हाला आतां समजली. ह्या संबंधाची आणखी जास्त माहिती तुम्हाला एव्हां नको; ती पुढें मिळेल.

पाठ पंचेचाळिसावा.

ऊस.

पाठाचें साहित्य.—उसाचें मुळासकट सबंध झाड; जोंधळा, बाजरी, गहूं, गवत ह्यांचीं सबंध ताटें; व वाळू.

पूर्व तयारी.—शाळेच्या आवारांत उसाचें झाड लावून ठेवितां आल्यास चांगलें. जवळपास उसाचें शेत असल्यास तें व उसाच्या लावणीकापणीचीं निरनिराळीं कामें चालू असतील तेव्हां तीं हा पाठ देण्यापूर्वीं दाखवून ठेवावीं.

१. ऊस तृणवर्गांतील आहे.

उसाचें मुळांसकट उपटलेलें झाड मुलांस दाखवावें. तें उसाचें आहे हें मुलें ओळखतीलच. उसाच्या झाडास खांद्या फुटत नाहींत हें मुलांच्या लक्षांत आणून द्यावें. जोंधळा, बाजरी, गहूं, भात, नागली व गवत ह्यांचीं सबंध झाडें किंवा ताटें दा-

खवावीं आणि त्यांशीं उसाच्या झाडाची तुलना करवावी. ह्या सर्व झाडांस खांद्या नाहींत. खोड सलग नसून त्यास पेरीं किंवा कांडीं असतात. ह्या सर्व झाडांस पात्या येतात. ह्या गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या, व ऊस हें एक तृणवर्गापैकींच झाड आहे, हें त्यांच्या लक्षांत आणून द्यावें.

२. लागवड.

गवत व धान्यें ह्यांची लागवड करण्यास काय लावावें लागतें ?–त्यांचें बीं.—उसाच्या झाडाचे तुरे दाखवावे. त्यांत भरदार बीं नसतें. उसाच्या शेतांत काय लावितात ?–उसाचीं कांडीं.–उसाचें बीं लागवडीस निरुपयोगी असतें. उसाच्या पेराजवळ धुमारे किंवा डोळे असतात. ते मुलांस दाखवावे. कांडीं जमिनींत लाविलीं म्हणजे हे धुमारे किंवा डोळे वाढून त्यांचीं झाडें होतात. बीं न लावितां खोडावरील डोळे किंवा धुमारे लावून आणखी कोणतीं झाडें तयार करितात ?–बटाटे, रताळीं वगैरे.–बरोबर. उसाचा धुमारे फुटण्याच्या जागेजवळचा म्हणजे पेराच्या सांध्याजवळचा चार सहा बोटांइतका भाग लाविला म्हणजे काम होतें, तरी महाराष्ट्रांत उसाचीं लहान कांडीं करून तीं आडवीं लावितात, व गुजराथेंत सबंध ऊसच जमिनींत आडवा लावितात.

ऊस लावण्यापूर्वीं शेत नांगरितात. कां ? शेत नांगरल्यावर त्यांत खत पसरितात. उसास खत घालण्याचे प्रकार अनेक आहेत. शेणाचें खत, सोनखत, पेंड, शेळ्यामेंढ्यांच्या लेंड्या व मूत हे खताचे मुख्य प्रकार होत. ह्या खतांविषयीं थोडक्यांत माहिती द्यावी. सर्वांत करडईच्या पेंडीचें खत उसाला चांगलें मानवतें. खत घातल्यावर शेत कुळवून व मैंद फिरवून जमीन सारखी करितात व त्यांत वाफे करितात. प्रत्येक वाफा औरस चौरस सुमारें १० फूट असतो. वाफ्यांत दांड व सऱ्या पाडितात. दांड व सऱ्या हीं कशीं असतात हें समजण्याकरितां तीं टेबलावर वाळूनें बनवून दाखवावीं. लावण्याकरितां तयार केले-

लीं उसाचीं कांडीं एकजण वाफ्यांतील दांडांवर आडवीं ठेवीत जातो. नंतर वाफ्यांत पाणी सोडिल्यावर एक मनुष्य तीं कांडीं सऱ्यांत टाकून पायानें तुडवीत जातो. उसाचीं कांडीं लावण्याचा हा प्रकार साधल्यास मुलांस प्रत्यक्ष दाखवावा. तीन गुंठे जमिनीवर उभा असलेला ऊस तोडिल्यास त्याचीं कांडीं एक एकर जमीन लावण्यास पुरेशीं होतात. लावण्याच्या कांड्यांस बियाणें म्हणतात. उसाची लागवड करण्याचे हंगाम ठिकठिकाणीं निरनिराळे आहेत. पुण्याच्या आसपास माघ फाल्गुनांत, व दक्षिण महाराष्ट्रांत कार्तिक मार्गशीर्षांत उसाची लागवड करितात. गुजराथेंत वैशाखांत लागवड होते. ह्या सर्व गोष्टी मुलांस सांगून त्या नीट समजावून द्याव्या.

३. मशागत.

ऊस तयार होण्यास साधारणतः किती दिवस लागत असावे? —एक वर्ष.—उसांत रस म्हणजे पाणी फार असतें, ह्यावरून नुसत्या पावसाच्या पाण्यावर उसाचें पीक येईल काय? उसास पाणी फार लागतें. उसाच्या शेतास आठ दिवशीं तरी पाणी द्यावें लागतें. उसाच्या शेतांत प्रथमच खत घालितात. त्यास मागून खत घालीत नाहींत. निपाणी ऊस कशाला म्हणतात?

४. पीक.

उसाच्या झाडाचा कोणता भाग आपल्यास पाहिजे असतो? —त्याचें खोड.- ऊस पूर्ण वाढल्यावर तो जमिनीबरोबर कापितात; उपटीत नाहींत. जमिनींत ठेविलेल्या उसाच्या बुडास पाणी दिलें म्हणजे तीं फुटून चांगलीं वाढतात व त्यांपासून दुसरे वर्षी ऊस तयार होतो. मात्र पहिल्या वर्षापेक्षां दुसरे वर्षाचें पीक कमजोर असतें. तथापि ह्या दुसऱ्या पिकास नांगरणीलावणीचा खर्च पडत नाहीं, म्हणून शेतकऱ्यास तें फायदेशीर असतें. दुसरे वर्षी ऊस कापून घेतल्यावर शेत खणून व नांगरून साफ करावें लागतें.

५. उपयोग.

ऊस सोलून खातात, उसाचा रस पितात, उसाच्या रसापासून गूळ, साखर, काकवी व दारू हे पदार्थ होतात. हे उपयोग मुलांस माहीत असतात ते विचारावे.

पाठ शेहेचाळिसावा.

कापसाचें झाड.

पाठाचें साहित्य.—कुंडींत कापसाचें झाड, कापसाच्या झाडाचीं पानें, फुलें, बोंडें असलेली खांदी, निरनिराळ्या जातींचा कापूस व चांगला चाकू.

पूर्व तयारी.—कापसाचें शेत जवळ असल्यास तें मुलांस दाखवावें. निरनिराळ्या जातींचीं कापसाचीं झाडें साधल्यास मुलांस दाखवून ठेवावीं. शाळेच्या आवारांत हीं झाडें लावून ठेविल्यास चांगलें.

१. उपोद्घात.

आपल्यास वस्त्रांची आवश्यकता किती आहे, वस्त्रें कशाकशाचीं करितात, आपल्याइकडे मुख्यत्वें कशाचीं वस्त्रें करितात, कापसाचीं वस्त्रेंच आपल्याइकडे फार कां वापरितात इत्यादि गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या. लोकर मेंढीपासून मिळते, रेशीम किड्यांपासून मिळतें, तसा कापूसही प्राण्यांपासून मिळतो काय ? कापसाचें झाड तुम्ही पाहिलें आहे काय ?

२. कापसाचें झाड.

कापसाच्या जाति अनेक आहेत. सर्व प्रकारच्या कापसाचीं झाडें बहुतेक एकसारखींच दिसतात. कापसाचें झाड किती मोठें झालेलें तुम्ही पाहिलें आहे ? कापसाचें झाड सुमारें दोन पासून आठ फुटांपर्यंत वाढतें. शेतांत जो कापूस लावितात त्याचीं झाडें फार दिवस टिकत नाहींत. बहुधा एक पीक काढून घेत-

त्यावर तीं झाडें उपटून टाकितात. कापसाच्या झाडाला काय म्हणाल ?—झुडूप.—अशीं आणखी झाडें कोणतीं ?–तूर, मिरची इत्यादि.–कापसाचें झाड थंड देशांत होत नाहीं. हिंदुस्थान, इजिप्त, अमेरिका ह्या देशांत कापूस होतो. नकाशावर हे देश दाखवून घ्यावे. हिंदुस्थानांत कापूस मुख्यत्वें कोठें होतो ? –खानदेश, गुजराथ, कर्नाटक, वऱ्हाड, मध्यप्रांत वगैरे ठिकाणीं.– नकाशावर हे भाग दाखवून घ्यावे. ह्या प्रांतांतील जमीन कशी असते ?–काळी.–ह्यावरून कापसाला जमीन कशी लागते ?

३. कापसाचें पान.

हें कापसाचें पान पहा. हें साधें आहे कीं संयुक्त ? ह्याचे किती भाग आहेत ?–पांच.–असें पान आणखी कोणत्या झाडाचें असतें ?—एरंडाचें.—बरोबर.

४. कापसाचें फूल.

हें कापसाचें फूल पहा. फुलाच्या खालीं पानाच्या आकाराचीं तीन दळें दिसतात. तो फुलाचा कोणता भाग असावा ?– पुष्पकोश.–असें वाटतें, पण तो पुष्पकोश नव्हे; तो उपपुष्पकोश किंवा उपबाह्याच्छादन होय. आणखी कोणत्या फुलांत तुम्ही उपबाह्याच्छादन पाहिलें आहे ?–जासवंदीच्या.–ह्या फुलाचा पुष्पकोश दाखवा. पुष्पमुकुट किंवा पांकळ्या दाखवा. फुलाचा रंग कसा आहे ?–पिवळसर.–कांहीं जातींच्या कापसाच्या झाडांस तांबडीं व पांढरीं फुलें येतात. कापसाच्या फुलाला पांकळ्या किती असतात ?–पांच.–पांकळ्यांच्या खालच्या अंगास काळ्या छटा असतात त्या दाखवाव्या. पांच पांकळ्यांवरील छटांनीं बनलेल्या आकृतीस फुलाचा डोळा म्हणतात. ह्या फुलाचे पुंकेसर दाखवा. ते कोठें जोडलेले आहेत ?–आंतील नलिकेच्या वरच्या अंगास.–वस्तुतः सर्व पुंकेसर मिळूनच ही नलिका बनते, व त्यांचे परागकोश मात्र वर दिसतात. ह्यांतील स्त्री केसर दाखवा. तो कोठें आहे ?–नलिकेच्या आंत.–नलिका चिरून स्त्रीकेसर दाखवावा.

५. कापसाचें फळ.

कापसाचें बोंड कशापासून होतें ?—स्त्रीकेसराच्या बुडाचा भाग म्हणजे बीजकोश ह्यापासून.—बोंडांत बिया असतात त्यांना काय म्हणतात ?—सरक्या.—कापूस हें वस्तुतः काय आहे ?—सरक्यांवर जे केस असतात तोच कापूस.—हें बोंड पहा. हें सबंध आहे. ह्याला किती कडा आहेत ?—तीन.—कित्येक बोंडांना कचित चार कडाही असतात. बोंड पिकून वाळलें म्हणजे ह्या कडांवरच उकलतें, व बोंडाच्या तीन [किंवा चार] फांकी होतात. बोंडांतून कापूस बाहेर पडला म्हणजे सर्व शेत पांढरेंच होऊन जातें.

६. कापसाचा हंगाम.

कापूस केव्हां पेरतात ?—मृग लागल्यावर.—लावल्यापासून सुमारें तीन चार महिन्यांनीं कापसाचें झाड फुलून बोंडें धरतात. बोंडें पिकून उमलूं लागलीं म्हणजे कापसाची वेचणी सुरू होते. ती दोन तीन महिने चालते. वेचणीचा हंगाम कोणत्या महिन्यांत असतो ?—कार्तिकापासून पौषापर्यंत.—कापसाची वेचणी तीन चार वेळां करावी लागते. कां ?—सर्व बोंडें एकदमच धरत नाहींत म्हणून.—दुसऱ्या व तिसऱ्या वेचणीचा कापूस चांगला असतो. कापूस वेचणीचें काम फार श्रमाचें नाहीं. तें कोण करीत असतील ?—बायका व मुलें.—कापूस वेचण्याचें काम बहुधा सकाळींच करितात. दुपारीं उन्हानें पानें वाळून तीं कापसास चिकटतात. सकाळीं दहिंवरानें पानें भिजून मऊ झालेलीं असतात, यामुळें तीं मोडून कापसास चिकटत नाहींत.

७. कापसाचा ताणा.

निरनिराळ्या जातींचा कापूस दाखवावा, व त्यांतील एकेक तंतु सुटा करावा. सर्व जातींच्या कापसांतील तंतूंची लांबी सारखी नसते. ज्यांतील तंतु जास्त लांब असतात तो कापूस सूत काढण्यास चांगला. त्याला लांब ताण्याचा कापूस म्हणतात.

८. उपयोग.

कापसाचे उपयोग मुलांस माहीतच असतात. ते विचारावे. कापूस हा मनुष्यास अतिशय अवश्य असलेल्या पदार्थांपैकीं एक आहे.

पाठ सत्तेचाळिसावा.

गूळ व काकवी.

पाठाचें साहित्य.—गूळ, काकवी, उसाचा ताजा रस, उसाचा आंबलेला शिळा रस, चरकाचा लहान नमुना किंवा चित्र, मद्यार्काचा दिवा, लोखंडी पळी, चुलाणाची मातीची प्रतिमा, पाणी, वाटी व कापडाचा तुकडा.

पूर्व तयारी.—साधल्यास हा पाठ देण्यापूर्वीं मुलांस गुऱ्हाळ दाखवून तेथील सर्व कामें प्रत्यक्ष दाखवून ठेवावीं. गुऱ्हाळ दाखविण्याचें नच जमेल तर चरक तरी दाखवावा.

१. उपोद्घात.

मागील पाठाची थोडक्यांत उजळणी करावी, व उसापासून गूळ, साखर, काकवी वगैरे पदार्थ होतात, हें मुलांकडून काढून घ्यावें. उसापासून गूळ व काकवी हीं कशीं बनवितात तें तुम्हाला ह्या पाठांत सांगावयाचें आहे.

२. उसाचा रस.

उसाचा रस तुम्ही अनेक वेळां प्यालां आहां, व तो कसा काढितात हेंही तुम्हाला माहीतच आहे. उसाचा रस काढण्याच्या चरकाचें मुलांकडून वर्णन करवावें; व चरक कशाचा करितात, चरकाच्या उभ्या तीन ठोकळ्यांस पेच किंवा दांते कसे असतात, चरक फिरावा म्हणून त्याच्या मधल्या ठोकळ्यास जोडलेलें लाकूड कोण फिरवितें, रस काढितांना चरकांत कांडीं घालण्यास किती माणसें बसतात वगैरे गोष्टी मुलांकडून काढून घ्याव्या. मुलांनीं चरक पाहिला नसल्यास त्यांस चरकाविषयींच्या सर्व गोष्टी फळ्यावर आकृति काढून व चरकाचें चित्र किंवा नमुना दाखवून समजावून द्याव्या. उसाचा रस फार पातळ असतो. त्याचा गूळ बनविण्यास काय केलें पाहिजे?—रस आटविला पाहिजे.—आदल्या दिवशीं काढून आणिलेला रस मुलांस दाखवावा. तो आंबला असेल. त्यांतला थोडासा रस व तेवढाच ताजा रस मद्यार्काच्या दिव्यावर आटवावा, व आंबले-

ला रस चांगला आटत नाहीं हें दाखवावें. ह्यावरून गूळ कर-ण्यास रस कसा पाहिजे ?–ताजा.–गूळ जेथें करितात तेथेंच उ-साचा रस कां काढावा लागतो हें आतां तुमच्या लक्षांत आलें-च असेल. गूळ चांगला बनण्यास रस जितका ताजा असेल तितका चांगला.

३. गुऱ्हाळ.

उसाचा रस काढून त्याचा गूळ करण्याच्या कारखान्यास काय म्हणतात ?–गुऱ्हाळ.–गुऱ्हाळ बहुधा कोठें असतें ?–उसा-च्या शेतांनजीक.–कां ? उसाचा रस काढिल्यावर तो आटवि-ण्याकरितां लोखंडाच्या फार मोठाल्या व उथळ कढया असतात त्यांस काहिली म्हणतात. काहिली उथळ कां करितात?– त्यांतील सर्व रस लवकर कढावा म्हणून.–काहिलीचें बूड कसें असतें ?–बहुतेक सपाट.–तें कढईसारखें खोलगट कां करीत नाहींत ? काहिली ठेवण्याच्या मोठ्या चुलीस चुलाण म्हणतात. चुलाणाचें वर्णन करवावें, व मुलांनीं चुलाण पाहिलें नसल्यास त्याची मातीची प्रतिमा त्यांस दाखवावी. रस कढतांना काहिलीच्या बुडास लागून करपूं नये म्हणून काहिलीच्या तळास उडदाच्या पिठाचा पातळ थर देतात. उसाचा रस कढूं लागला म्हणजे त्यांतील मळी वर येत जाते, ती एकसारखी काढावी लागते. ती न काढिली तर काय होईल ? मळी साफ निघण्यासाठीं कोठें कोठें रसांत थोडी स्वच्छ राख घालितात. रस बेताचा कढला किंवा नाहीं हें समजणें फार आवश्यक अ-सतें. कां ? रस कमजास्त कढल्यास गूळ कसा बनेल ? एका वाटींत पाणी घेऊन त्यांत काहिलींत कढत असलेला थोडा रस टाकितात. त्याची गोळी बनली कीं रस बेताचा कढला असें समजतात. रस कढूं लागला म्हणजे गोळी बनते कीं काय हें वरच्यावर पाहावें लागतें. मद्यार्काच्या दिव्यावर रस कढवून हा प्रयोग प्रत्यक्ष करून दाखवावा. गोळी बनूं लागल्यावर रस फार कढला तर तो करपून गूळ बिघडतो. रस बेताचा कढून झाला म्हणजे तो दुसऱ्या काहिलींत ओतून निवत ठेवितात.

कढलेला रस निवाला म्हणजे तो बराच दाट होतो, पण त्याची घट्ट ढेप कशी बनावी? ढेपेचा आकार कसा असतो? अर्थात ढेप मुद्दाम बनवावी लागते. ढेप जशी लहान मोठी बनविणें असेल तशी जमिनींत खांच खणितात, व तींत तरटाचें चांगलें फडकें घालून त्यावर निवून दाट झालेला रस ओतितात. तो त्या खांचेंत सुमारें चार पांच प्रहर राहिला म्हणजे त्याची चांगली ढेप बनते. खांचेंत ओतिलेल्या रसांतील पाण्याचा अंश कोठें जातो? –तो जमिनींत शोषण केला जातो.–खांचेंत बनलेली ढेप फडक्यासुद्धां बाहेर काढितात व तें फडकें तिच्या भोंवतीं शिवून ढेप विकावयास पाठवितात. मुलांनीं गुऱ्हाळ पाहिलें नसल्यास ताज्या रसाचा वरील कृतीनें थोडा गूळ बनवून दाखवावा. अर्थात हा प्रयोग ह्या पाठानंतर किंवा पूर्वीं करावा. मुलांनो, गूळ कसा बनवितात तें तुम्हाला समजलें. उसाचा रस कढविला म्हणजे त्याला काकवी म्हणतात. एकादे वेळीं रस कमी कढल्यानें किंवा अन्य कारणानें गूळ चांगला उतरत नाहीं व त्याचें पाणी होतें, त्यालाही काकवी म्हणतात.

४. उपयोग.

गूळ व काकवी हे पदार्थ मुलांच्या पूर्ण परिचयाचे असतात. त्यांचे उपयोग त्यांस विचारावे. गूळ व काकवी यांपासून दारूही बनवितात म्हणून सांगावें.

पाठ अठ्ठेचाळिसावा.

साखर.

पाठाचें साहित्य.—धुवा साखर, परदेशी गुळी साखर, देशी गुळी साखर, लोकरीचें कापड, पाणी व हाडांचा कोळसा.

१. उपोद्घात.

मागील दोन पाठांची प्रथम थोडक्यांत उजळणी करावी. मुलांनो, साखर कशी बनवितात तें आतां पाहूं.

२. साखरेचे कारखाने.

आपल्या इकडे साखर करण्याचे कारखाने पूर्वीं जिकडे तिकडे व पुष्कळ होते. परंतु परदेशांतील साखर इकडे येऊन ती प्रथम आपल्या इकडच्या साखरेच्या भावानें व मग तर तिच्यापेक्षांही स्वस्त विकूं लागली, म्हणून आपल्या इकडचे साखरेचे कारखाने बहुतेक बुडाले. परदेशांतील साखर आपल्या इकडच्या साखरेपेक्षां जास्त पांढरी असल्यामुळेंही तिचा प्रसार फार होत गेला. आपल्या प्रांतांत वसई व कोल्हापूर एथें साखरेचे कारखाने होते, व अजून थोडे आहेत. ही साखर तांबूस असते म्हणून तिला गुळी साखर म्हणतात. आपल्या इकडच्या साखरेच्या कारखान्यांतील कृतीहून परदेशी साखरेच्या कारखान्यांतील कृति वेगळी आहे. म्हणूनच दोहों प्रकारच्या साखरेच्या रंगांत फरक असतो. अलीकडे आपल्या देशांतही परदेशी कारखान्यांतील कृतीप्रमाणें साखर बनविण्याचे कारखाने निघाले आहेत. त्यांतील साखर बरीच पांढरी असते.

३. साखर बनविण्याची वसईची रीत.

गूळ करावयाचा असतां उसाचा रस जितका कढवितात, तितका साखर करावयाची असल्यास कढवीत नाहींत; रस थोडासा कढला म्हणजे काहील उतरतात. हा कढलेला रस बुडाशीं बारीक भोंकें असलेलीं मडकीं घडवंचीवर ठेविलेलीं असतात त्यांत ओतितात व वर शेवाळ बसवून त्यावर पाण्याचा छाट मारितात. घडवंचीवर ठेविलेल्या मडक्यांखालीं दुसरीं मडकीं ठेवितात. खालच्या मडक्यांत वरल्या मडक्यांतून थोडा थोडा रस गळतो. ह्या रसाला काय म्हणतात ?—काकवी.—गूळ करण्याकरितां कढविलेल्या रसालाही काकवीच म्हणतात. घडवंचीवरील मडक्यांतील शेवाळ दर तिसऱ्या किंवा चौथ्या दिवशीं काढून त्यांत नवें शेवाळ घालतात. तिसऱ्या किंवा चौथ्या दिवशीं शेवाळ काढिलें म्हणजे वरच्या बाजूस साखरेचा थर जमलेला असतो तो काढून घेऊन मग नवें शेवाळ घालतात. ह्याप्रमाणें सुमारें दहा बारा वेळां करावें लागतें. प्रथम थोडथोडी

साखर बनते. पण पुढें पुढें पुष्कळ बनत जाते. वरच्या मडक्यांतून काकवी गळण्याचें बंद झालें म्हणजे आंत सर्व साखर बनली असें समजावयाचें. मडक्यांत खालच्या थरांपेक्षां वरच्या थरांतील साखर जास्त पांढरी असते. वसई एथें ह्या रीतीनें साखर बनवितात. ही साखर मडक्यांत तयार होते, म्हणून तिला हंडीची साखर म्हणतात.

४. साखर बनविण्याची कोल्हापुरी रीत.

वसईच्या रीतीहून कोल्हापुराकडील रीत थोडी निराळी आहे. तिकडे रस थोडा जास्त कढवितात, व तो मडक्यांत ओतून दाट होऊं देतात. पुढें आठ दहा दिवसांनीं तो रस पुन्हां काहिलींत ओतून व त्यांत पाणी घालून त्याचा पाक करितात, आणि तो पाक बांबूच्या पांट्यांत ओतून त्यांवर शेवाळ बसवितात. पांट्या घडवंचीवर ठेवितात व त्यांतून गळणारी काकवी धरण्यासाठीं खालीं मडकीं ठेवितात. बाकीच्या सर्व गोष्टी वसईच्या रीतीप्रमाणेंच आहेत. पांटींत तयार होते म्हणून कोल्हापुरी साखरेला पांटीची साखर म्हणतात.

पांटीची किंवा हंडीची साखर काढून घेतल्यावर ती उन्हांत सुकविली व कुटून बारीक केली म्हणजे विकावयास पाठविण्याजोगी होते.

५. साखर बनविण्याची परदेशांतील रीत.

मुलांनो, परदेशांतल्या कारखान्यांतली साखर बनविण्याची रीत निराळी आहे. तिकडे उसाचा रस काढण्यापासून तों अखेरपर्यंत सर्व कामांत यंत्रसामग्रीचा उपयोग करितात. तसला कारखाना प्रत्यक्ष पाहिल्यावांचून त्यांतील कामांची तुम्हाला नीटशी कल्पना येणार नाहीं. तथापि त्याबद्दल थोडीशी माहिती तुम्हाला मिळणें जरूर आहे. साखर बनविण्याची परदेशांतील रीत अशी आहेः—उसाचा ताजा रस तांब्याच्या काहिलींत पक्का कढवितात. मळी साफ निघण्यासाठीं रस कढवितांना त्यांत थोडा कळीचा चुना घालितात. रस पक्का कढला म्हणजे तो दुसऱ्या पसरट काहिलींत निवत घालतात. हा रस निवाला म्हणजे तो फार

दाट होतो व त्यांतील बराच भाग स्फटिकमय होतो. नंतर तो सर्व रस बुडाशीं बारीक भोंकें असलेल्या पिंपांत ओतितात. पिंपें घडवंचीवर ठेवितात व त्यांच्याखालीं काकवी धरण्यासाठीं भांडीं ठेवितात. अशा रीतीनें पिंपांतील रसाची साखर बनते व कांहीं भाग काकवीच्या रूपानें खालीं गळून जातो. ह्या साखरेला कच्ची साखर म्हणतात. हिचा रंग आपल्या गुळी साखरेसारखाच असतो. कच्ची किंवा गुळी साखर करण्याच्या देशी व परदेशी रीतींतील साम्य व वैषम्य मुलांकडून काढून घ्यावें.

६. धुवा साखर करण्याची रीत.

कच्ची किंवा गुळी साखर ऊन पाण्यांत विरघळवून तींत थोडा कळीचा चुना मिसळतात, व तें मिश्रण लोकरीच्या जाड शंक्वाकार पिशवींतून गाळितात, म्हणजे मिश्रण बरेंच स्वच्छ होतें. तरी ह्या पाण्यास अजून थोडा तांबूस रंग असतोच. तो घालविण्यासाठीं तें मिश्रण हाडांच्या कोळशांचा थर बसविलेल्या गाळण्यांतून गाळून काढितात. हें गाळून निघालेलें साखरेचें पाणी अगदीं स्वच्छ व रंगहीन असें बनतें. नंतर तें पाणी पुन्हा मोठाल्या काहिलींत घालून कढवितात व तें शंक्वाकार लाकडी नळकंड्यांत निवत घालितात. हें मिश्रण निवालें म्हणजे त्याची रवाळ व शुभ्र साखर बनते. ह्या नळकंड्याच्या तळाशीं बारीक भोंकें असतात. त्यांतून साखर न बनण्याजोगी काकवी खालीं गळते ती भांड्यांत धरितात. नळकंड्यांतून काकवी गळेनाशी झाली म्हणजे आंतील साखर काढून घेतात. हीच परदेशी धुवा (म्हणजे शुभ्र) साखर होय. आपल्या देशांतही अलीकडे ह्या रीतीनें साखर करितात. मात्र हाडाच्या कोळशांच्या गाळण्याचा उपयोग करीत नाहींत, म्हणून ती साखर परदेशी-साखरे इतकी शुभ्र असत नाहीं. परदेशांतही अलीकडे हाडांच्या कोळशांच्या गाळण्याचा उपयोग न करितां धुवा साखर बनविण्याची नवीन रीत निघाली आहे, असें म्हणतात.

साखर करण्याच्या ह्या रीती व त्यांतील कृतींचीं कारणें मुलांस नीट समजावून द्यावीं. ह्या गोष्टी ह्या व मागलि पुस्त-

कांत ठिकठिकाणीं येऊन गेल्या असल्यामुळें एथें त्यांचा उल्लेख करण्याचें मुद्दाम टाळिलें आहे. तथापि शिक्षकांनीं पाठ शिकवितांना त्यांचा संबंध जरूर दाखविला पाहिजे.

७. साखरेचे प्रकार.

मुलांनो, आपल्या इकडे फक्त उसापासूनच साखर करितात. परदेशी साखर सर्वच उसापासून केलेली नसते. युरोपांत बीट नांवाचें गाजरासारखें एक झाड आहे. त्याचीं मुळें गाजरासारखीं असतात. त्यांच्या रसापासून साखर करितात. अमेरिकेंत म्यापल नांवाचें झाड आहे. त्याच्या खोडाला खांचे पाडिले असतां त्यांतून रस गळतो. त्या रसाची साखर होते. मक्याच्या ताटांतील रस व खजुरी, शिंदी, ताड, माड, ह्यांचा रस ह्यांपासूनही साखर बनवितात.

८. उपयोग.

साखरेचे उपयोग मुलांस माहीत असतातच. ते विचारून घ्यावे.

पाठ एकोणपन्नासावा.

कारंजें.

पाठाचें साहित्य.—तळाशीं व बाजूस भोकें असलेलें जस्ती पंचपात्र, पाणी, पाण्याचें भांडें, लाकूड, बूच, लोखंड, दगड, पत्र्याची बारीक होडी, काचेची नळी, पत्र्याची वाटोळी चकती, सुतळ, रबरी पोकळ फुगा, काचेची वांकडी नळी, बुडाशीं तोटी असलेलें मोठें पंचपात्र किंवा भांडें, रबराची लांब नळी, स्पंज.

पूर्व तयारी.—मुलांस कारंजें दाखवावें व कारंज्यांत उडणारें पाणी कोठून येतें तेंही दाखवून ठेवावें. गांवांत किंवा शेजारच्या गांवीं नळानें पाणी आणिलें असल्यास तें कोठून आणिलेलें आहे तें शक्य असल्यास दाखवावें.

१. उपोद्घात.

मुलांनो, तुम्ही कारंजें पाहिलें आहे. कारंजें पाहून तुम्हाला मोठा चमत्कार वाटला. कारंजें उडतें हा एक चमत्कार तर खराच, पण तुम्हाला त्यांत विशेष आश्चर्य वाटण्याजोगें कांहीं नाहीं. कारंजें कां व कसें उडतें तें तुम्हाला समजलें तर तुम्ही सुद्धां खेळांतलें कारंजें करूं शकाल.

२. पाणी वरून खालीं दाबतें.

ह्या जस्ती पंचपात्राला तळाशीं भोंक आहे. त्याला बूच लावून पंचपात्रांत पाणी भरतों व बूच काढितों. काय झालें?—पाणी खालीं गळूं लागलें.—बरोबर. पण तें खालीं गळतें याचा अर्थ काय? भोंकाजवळच्या पाण्याला पंचपात्रांतलें पाणी वरून खालीं दाबीत होतें. बूच होता तोंपर्यंत त्याला खालून आधार असल्यामुळें तें जागच्या जागींच होतें. पण तो आधार निघतांच तें बाहेर पडून त्याच्या जागीं दुसरें पाणी आलें. त्याच्यावरही पाण्याचा वरून दाब असल्यामुळें तें बाहेर पडलें, व अशा रीतीनें पाणी बाहेर वाहूं लागलें. ह्यांत पाण्याच्या दाबासंबंधानें तुम्हाला काय समजलें?—पाणी वरून खालीं दाबितें.—बरोबर.

३. पाणी बाजूनेंही दाबितें.

ह्या पंचपात्राच्या तळच्या भोंकांत बूच बसवून त्यांत पुन्हा पाणी भरतों. ह्या पंचपात्रास बाजूनेंही कमजास्त उंचीवर भोंकें असून त्यांस बूच बसविलेले आहेत. ह्यांतला एकेक बूच क्रमानें काढितों. काय होतें?—बाजूच्या भोंकावरचा बूच काढितांच पाणी बाजूनें वाहूं लागतें.—बरोबर. ह्यावरून पाण्याचा दाब कसा लागतो?—पाण्याचा दाब बाजूनेंही लागतो.—बरोबर.

४. पाणी खालून वर दाबितें.

ह्या पाण्याच्या मोठ्या भांड्यांत लाकडाचा तुकडा, बूच, लोखंडाचा तुकडा, दगड व ही जस्ती पत्र्याची खेळांतली होडी टाकितों. काय झालें?—लाकूड, बूच, होडी तरंगत आहेत; दगड व लोखंड हीं पाण्यांत बुडालीं.—कोणत्या वस्तु पाण्यांत बुडतात व कोणत्या तरंगतात?—जड वस्तु पाण्यांत बुडतात व

हलक्या वस्तु पाण्यात तरंगतात.–लाकूड व बूच दोन्ही पाण्यावर तरंगत आहेत. पण त्यांत कोणाचा जास्त भाग पाण्यावर आहे तें नीट पाहून सांगा.–लाकडापेक्षां बुचाचा जास्त भाग पाण्यावर आहे.–लाकूड व बूच ह्यांत जड कोण ?–लाकूड.–लाकूड पाण्यास वरून खालीं दाबितें, त्याचप्रमाणें बूचही पाण्यास दाबीत आहे. पण लाकडापेक्षां बुचाचा दाब कमी आहे. पाणी ह्या दोघांसही खालून वर दाबीत आहे. लाकूड जड असल्यामुळें त्याजवर पाण्याचा जोर जितका चालतो, त्यापेक्षां बूच हलका असल्यामुळें त्याजवर पाण्याचा जोर जास्त चालतो. म्हणून लाकडापेक्षां बुचास पाणी जास्त वर उचलून धरितें. लोखंड पाण्यापेक्षां जड आहे. यामुळें पाण्याच्या जोरापेक्षां लाकडाचा जोर जास्त होऊन तें पाण्यांत बुडतें. वस्तु पाण्यावर तरंगतात याचा वास्तविक अर्थ काय ?–पाणी खालून वर दाबितें, म्हणून तें हलक्या वस्तूंस वर उचलून धरितें.–बरोबर. पाण्याचा दाब कसकसा लागतो इतकें समजलें म्हणजे तूर्त पुरे. ह्यासंबंधानें जास्त माहिती तुम्हाला वरच्या इयत्तेंत समजणार आहे. पाणी खालून वर दाबितें ही गोष्ट लक्षांत येण्याकरितां आपण आणखी एक प्रयोग करूं. ही एक काचेची नळी आहे, व ही पातळ पत्र्याची वाटोळी चकती आहे. चकतीला मधोमध बारीक भोंक पाडून त्यांतून सुतळीचा तुकडा ओंवून घेतला आहे. सुतळ नळींतून वर ओढून घेतों. चकती नळीच्या बुडास चिकटली आहे. तिच्याखालीं एक जण हात धरा. सुतळ सैल सोडली तरी चकती खालीं पडत नाहीं. कां ?–तिला खालून हाताचा आधार आहे.–बरें. हात काढ. काय झालें ?–आधार नाहींसा होतांच चकती खालीं पडली.–ठीक. ह्या नळीचें बूड पाण्यांत बुडवितों, व सुतळ नळींतून ताठ ओढून धरितों. काय झालें ?–नळीच्या बुडास चकती चिकटली.–बरें, आतां चकतीला पाण्यावांचून दुसऱ्या कोणाचा आधार आहे काय ?–नाहीं. –तर मग दोरी सैल सोडितांच ती खालीं पडली पाहिजे. पहा, दोरी सैल सोडितों. काय झालें ?–चकती खालीं पडली नाहीं.–

अर्थात तिला खालून कोणाचा तरी आधार असेल. तिला कोणाचा आधार आहे ?–पाण्याचा.–पाणी खालून वर दाबीत असल्यामुळेंच चकती नळीला चिकटून राहिली आहे.

५. पाणी सर्व दिशांनीं दाबितें.

ह्या रबरी पोकळ फुग्याला भोंवताली बारीक भोंकें आहेत. त्याच्या तोंडावाटे आंत पाणी भरितों, व तोंड बंद करून फुगा दाबितों. काय झालें ?–फुग्याच्या सर्व अंगांनीं भोंकांतून पाणी बाहेर उडालें.–ह्यावरून पाण्याचा दाब कसा लागतो ?–पाण्याचा दाब सर्व दिशांनीं लागतो.–बरोबर.

६. पाणी आपल्या मूळच्या उंचीइतकें चढतें.

ह्या कांचेच्या वांकड्या नळींत एका टोंकावाटे पाणी भरून ती टेबलावर टेंकून धरितों. नळीच्या दोहों टोकांकडे पाणी किती उंचीवर चढलें आहे नीट पहा.– दोहोंकडे पाणी सारख्याच उंचीवर चढलें आहे.–मी नळीच्या एका तोंडावाटे तींत पाणी ओतिलें, तरी तिच्या दुसऱ्या तोंडाकडे पाणी चढून दोहों बाजूंस नळींतील पाण्याची उंची सारखीच झाली. मुलांनो, पाण्याचा हा धर्म फार महत्त्वाचा असून तो आपल्यास फार उपयोगी आहे. कारंजें कसें उडतें तें आतां तुम्हाला सहज समजेल.

७. कारंजें.

ह्या मोठ्या पंचपात्राच्या बुडाकडे बाजूला लहान तोटी आहे. तिच्या तोंडावर ही रबराची लांब नळी बसवितों. पंचपात्र प्रथम टेबलावर ठेवितों, व तें पाण्यानें भरितों. आतां मघांच्या काचेच्या वांकड्या नळींतील पाण्याप्रमाणें ह्या पंचपात्रांतलें पाणी ह्या रबरी नळीवाटे किती उंच चढलें पाहिजे ?–पंचपात्रांतल्या पाण्याइतकें.–बरोबर. ह्या रबरी नळीचें तोंड वरच्या बाजूस फिरवून तें मोकळें करितों. काय झालें ?–नळीवाटे पाण्याचें कारंजें उडूं लागलें.–पण तें पाणी पंचपात्रांतल्या पाण्याइतकें उंच उडत नाहीं. कमी उंच उडत आहे. ह्या नळीवाटे पाणी किती उंच उडत आहे नीट पहा. ह्या उडणाऱ्या कारंज्यावर हा स्पंजाचा तुकडा धरितों. स्पंजाच्या भोंकांतून पाणी वर जात आहे, पण त्याची उंची थोडी कमी झाली. स्पंजांतून वाट

काढावी लागल्यामुळें पाण्याचा थोडासा जोर कमी झाला व म्हणून त्याची उंची पहिल्यापेक्षां थोडी कमी झाली. आतां कारंजें पंचपात्रांतल्या पाण्याइतकें उंच कां उडत नाहीं तें पाहूं. पाण्याला रबराच्या नळींतून जोरानें वर यावें लागतें, व नळीच्या बाहेर हवा आहे त्या हवेंतून वर चढावें लागतें, यामुळें पाण्याचा वर चढण्याचा जोर पुष्कळच कमी होतो. आतां हेंच पंचपात्र ह्या समोरच्या उंच खिडकींत ठेवूं. आतां कारंजें किती उंच उडत आहे पहा. कारंजें कसें उडतें तें आतां तुम्हाला समजलें. ह्याप्रमाणें लहानसें कारंजें तुम्हाला कोठेंही बनवितां येईल. रबराच्या नळीऐवजीं तुम्हाला कमळाच्या देठ्या, पोपयाच्या नळ्या इत्यादिकांचा उपयोग करितां येईल.

८. पाण्याचे नळ.

शहरापासून पुष्कळ लांबीवर एकादा तलाव बांधून त्याचें पाणी शहरांत कसें खेळवितात, व तें दुसऱ्या तिसऱ्या मजल्यावर देखील कसें चढतें, हें आतां तुमच्या सहज लक्षांत येईल. अशा प्रकारच्या तलावासंबंधानें एक गोष्ट कोणती अवश्य असते ?–तो तलाव शहरापेक्षां जास्त उंचीवर असावा लागतो.– पंचपात्र हाच तलाव व रबरी नळी हेच पाणी आणण्याचे नळ समजा. एथें जें कार्य घडत आहे, तेंच त्या ठिकाणीं घडत असतें. ह्यावरून मूळच्या उंचीपर्यंत चढण्याचा पाण्याचा धर्म आपल्यास किती हितावह आहे पहा!

पाठ पन्नासावा.

कोको.

पाठाचें साहित्य.—मद्यार्काचा दिवा, पाणी, चिनीमातीचे दोन पेले व दोन ताटल्या, कोकोची पूड, बाजारांत मिळणारे कोकोचे सर्व प्रकार, दूध व साखर, चमचा, काफीची पूड, चहा, काफीच्या बिया, कोकोच्या झाडाचें चित्र, पृथ्वीचा नकाशा, जून भेंडा, चाकू व कोकोच्या बिया.

सूचना.—हा पाठ एथें मुलींकरितां म्हणून लिहिला आहे. तथापि तो मुलांस देण्यास हरकत नाहीं. पाठ मुलांस द्यावयाचा असेल तर ह्यांत योग्य तो बदल शिक्षकांनीं करावा.

१. उपोद्घात.

मुलींनो, चहा व काफी ह्या दोन पेय पदार्थांची तुम्हास माहिती झालीच आहे. [पदार्थपाठमाला गुच्छ दुसरा, पाठ पन्नासावा व एकावन्नावा पहा.] ह्यांशिवाय आणखी एक पदार्थ अलीकडे प्रचारांत येऊं लागला आहे. तो आहे का कोणाला माहीत ?—होय. कोको.—ठीक आहे, आपण प्रथम एक पेलाभर कोको बनवूं व मग त्यावरून आपल्यास काय माहिती मिळते ती पाहूं.

२. कोकोला सुवास व चव आहे.

चिनी मातीच्या पेल्यांत थोडी कोकोची पूड घालून तीवर आधणाचें पाणी ओतावें व चमच्यानें ढवळावें, म्हणजे कोको तयार होईल. त्याला कसा सुवास येतो तें मुलींस पाहण्यास सांगावें. पेल्यांतील कोको चमच्यांत घेऊन थोडथोडा चाखवावा, व कोकोला उत्तम रुचि आहे, हें दाखवावें. कोकोची पूडही चाखवावी व तिचा वास घेण्यास सांगावें.

३. कोको हें काय आहे?

कोकोची पूड मुलींस दाखवावी. ती काफीच्या पुडीप्रमाणें भरभरीत नाहीं; बारीक व मऊ आहे, हें काढून घ्यावें. पेल्यांतील कोको दुसऱ्या रिकाम्या पेल्यांत ओतावा, व काफीप्रमाणें कोको पेल्याच्या तळाशीं मुळींच राहत नाहीं, पाण्याशीं साफ मिळून जातो, हें दाखवावें. तसेंच चहा व काफीप्रमाणें कोको पाण्यासारखा अगदीं पातळ नसतो, तर लापशीप्रमाणें किंवा कढीप्रमाणें दाट होतो हेंही दाखवावें. मुलींनो, कोकोची पूड तुम्ही पाहिलीत. पण ती कशापासून तयार करितात हें पाहिलें पाहिजे. चहा हें काय आहे ?—झाडाचीं पानें.—आणि काफी ?—झाडाच्या बिया.—कोको देखील झाडाच्या बियांपासूनच तयार करितात.

४. कोकोचें झाड.

कोकोच्या झाडाचें हें चित्र पहा. [आकृति ३० पहा.] कोकोचें झाड मूळचें अमेरिका खंडांतलें. अलीकडे त्याची लागवड आशिया व आफ्रिका खंडांत करूं लागले आहेत. नकाशावर हीं खंडें दाखवावीं. ह्या खंडांतही उष्ण प्रदेशांत मात्र हीं झाडें होतात. रानांत ह्यांची उंची पांच सहा पुरुष असते. परंतु लागवड करणारे त्यांस इतकीं वाढूं देत नाहींत. खच्ची करून सुमारें दोन पुरुष उंची इतकींच ठेवितात. काफीच्या झाडाप्रमाणेंच हेंही झाड सदोदित हिरवें गार असतें. कां?—त्याचीं सर्व पानें एकदम पिकून गळत नाहींत.—तर मग कोकोचीं पानें कशीं असावीं?—जाड, तुकतुकीत व मऊ.—बरोबर. कोकोच्या पानांचा आकार साधारणत: काफीच्या पानांसारखाच असतो.

कोकोचीं फुलें बारीक असून त्यांचे मोठाले घोसच्या घोस येतात. कोकोचीं फुलें झाडावर कोठें येतात? चित्रांत पाहून सांगा.—खोडाला व मोठाल्या खांद्यांना.—कोकोला लांबट, वाटोळीं व दोहों टोंकांस निमुळतीं अशीं फळें येतात. फळाची लांबी सातपासून नऊ इंचांपर्यंत असते, व रुंदी सुमारें चार इंच असते. त्याचें साल जाड व कठीण असतें. फळाचा रंग प्रथम हिरवा असतो, पण तें पिकूं लागलें म्हणजे प्रथम पिवळें, मग तांबडें व शेवटीं जांभळें होतें. कोकोचें झाड सदोदित पानें, फुलांचे घोस, आणि हिरवीं, पिवळीं, तांबडीं व जांभळीं फळें ह्यांनीं भरलेलें असतें, म्हणून तें फार शोभिवंत दिसतें. लाविल्यापासून सहाव्या सातव्या वर्षी कोकोच्या झाडास फळें येऊं लागतात.

५. कोकोचें फळ.

कोकोच्या फळाचें वरचें कवच कसें असतें?—जाड व कठीण.—हें कवच आंतल्या बाजूनें मऊ असतें. भेंड्याच्या आंतल्या भागाप्रमाणें फळांत पांच खण किंवा भाग असतात, व त्यांच्यामध्यें पातळ पापुद्रे असतात. जून भेंडा उभा चिरून दाखवावा. फळाच्या मध्यभागीं एक लांब मऊ दांडा असतो व त्याला पांची खणांतील दाणे चिकटलेले असतात. प्रत्येक फळांत वीस-

पासून चाळीस पर्यंत दाणे असतात. मिळाल्यास कोकोच्या बिया किंवा दाणे दाखवावे. कोकोच्या दाण्यावर पातळ, ठिसूळ व उदी रंगाचें कवच असतें. आंतल्या बीजाचाही रंग तसाच असतो. बीमध्यें तिच्या निंमे वजनाइतकें तेल असतें.

७. कोकोची कृति.

कोकोचीं फळें फोडून त्यांतून दाणे काढितात व जमिनींत खांचा खणून त्यांत त्यांचे ढीग करून ठेवितात. नंतर दोन दिवसांनीं ते ढीग उन्हांत पसरून वाळवितात. म्हणजे दाण्यांवरील पातळ कवच वाळून उकलतें व दाणे सोलून निघतात. काफीच्या बियांप्रमाणेंच कोकोच्या बिया भाजितात, व त्या कुटून त्यांचे बारीक तुकडे करितात. ह्या तुकड्यांत बियांवरच्या सालाचा अंश राहिलेला असतो, तो पाखडून किंवा वारवून काढून टाकितात, म्हणजे उपयोगांत आणण्यासारखा दाणेदार कोको तयार होतो. बाजारांत जो कोको मिळतो, त्याचे प्रकार अनेक आहेत. ते सर्व दाणेदार कोकोपासूनच तयार होतात, पण त्यांची विशेष माहिती आज तुम्हाला नको. मिळाल्यास बाजारांत मिळणारे कोकोचे प्रकार मुलींस दाखवावे.

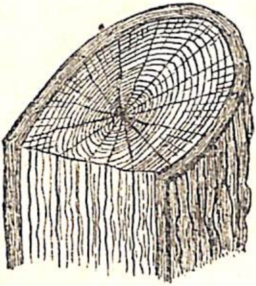
७. पिण्याचा कोको करण्याची रीत.

दाणेदार कोको, कोकोची पूड किंवा वड्या हीं आधणाच्या पाण्यांत कांहीं वेळ शिजवावीं व नंतर त्यांत दूध व साखर हीं बेतानें घालावीं म्हणजे पिण्याचा उत्तम कोको तयार होतो. कोकोची पूड किंवा वड्या असल्यास तीं शिजवावींही लागत नाहींत. वर अधणाचें पाणी ओतून वर झांकण ठेविलें म्हणजे पांच सात मिनिटांत कोको तयार होतो.

मुलींनो, अलीकडे चहा, काफी व कोको पिण्याची आपल्या लोकांत चाल पडत चालली आहे. चहा व काफीबद्दल मागें तुम्हाला सांगितलेंच आहे. कोको हा पदार्थ चहा व काफीपेक्षां पिण्याला कांहीं अंशीं पुष्कळ चांगला. कोकोबद्दल आज तुम्हाला माहिती मिळाली तेवढी तूर्त पुरे.

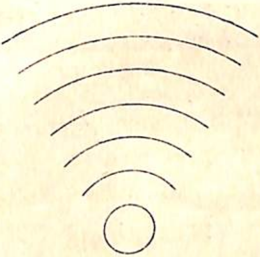
परिशिष्ट.

विषयस्पष्टीकरणार्थ चित्रें व आकृति.

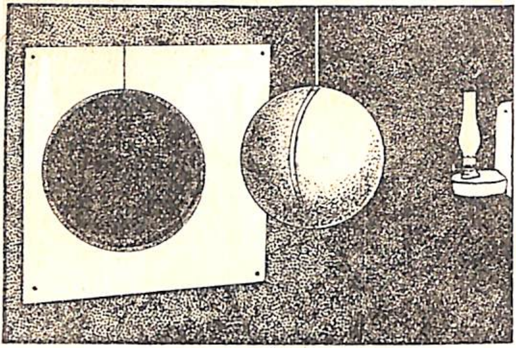


आकृति १.

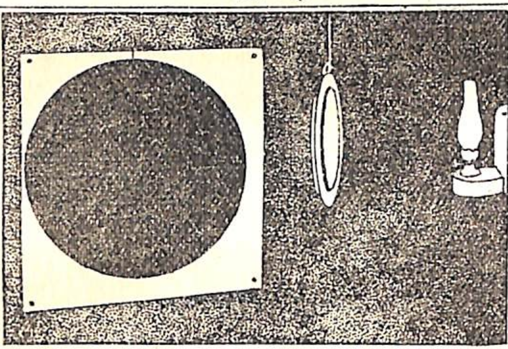
सागाच्या लाकडाचा काप.



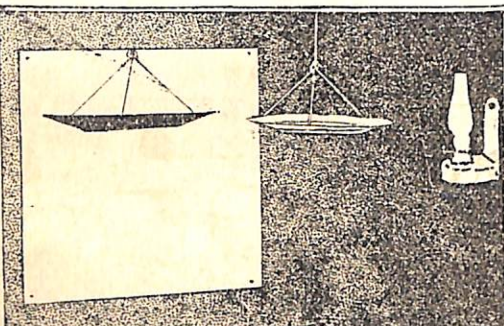
आकृति २.



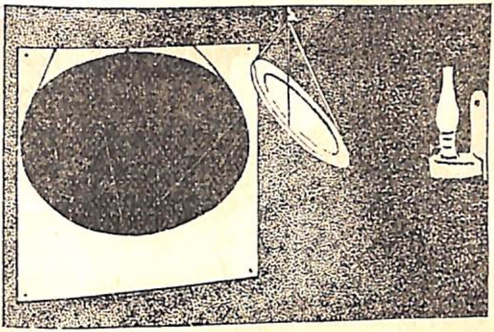
आकृति ३.



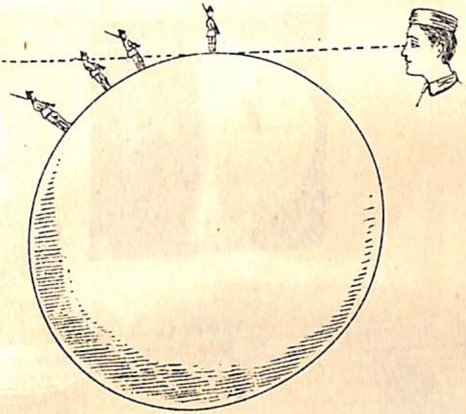
आकृति ४.



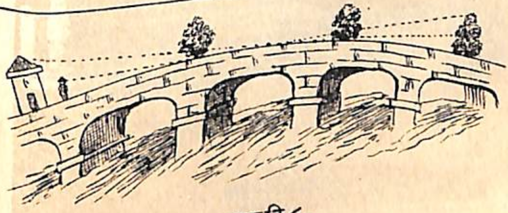
आकृति ५.



आकृति ६.



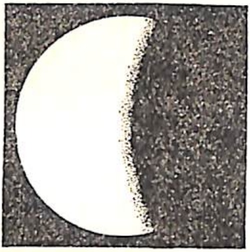
आकृति ७.



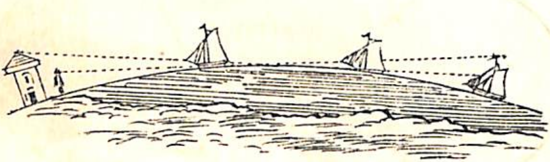
आकृति ८.



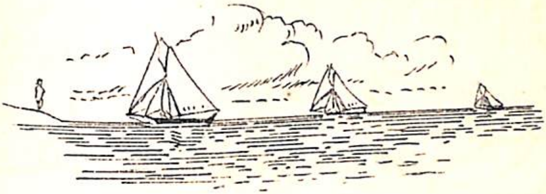
आकृति ९.



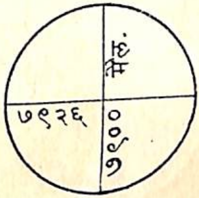
आकृति १०.



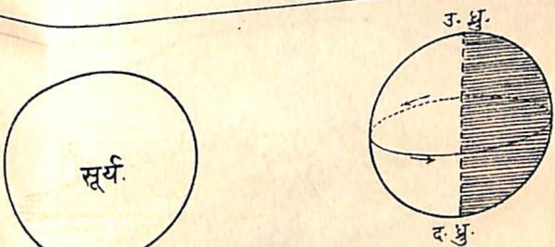
आकृति ११.



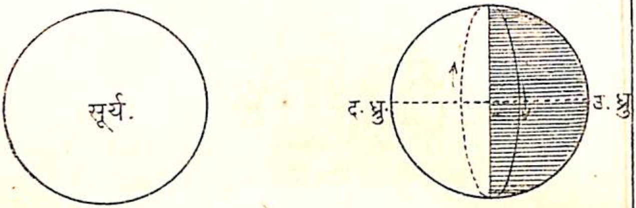
आकृति १२.



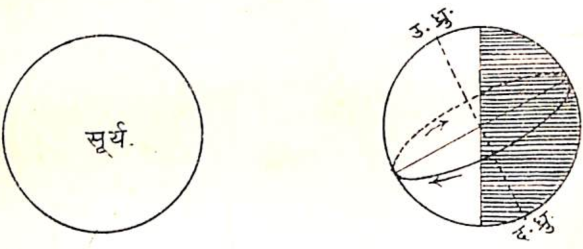
आकृति १३.



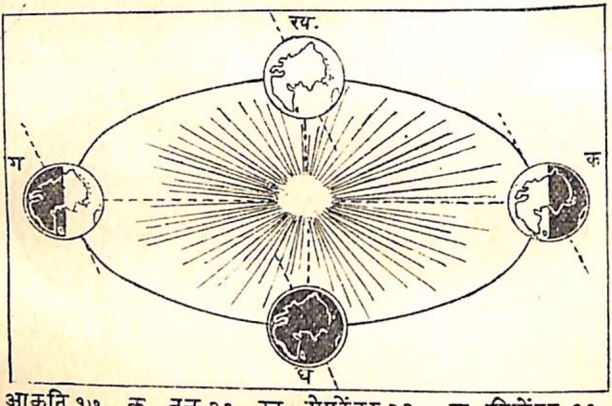
आकृति १४.



आकृति १५.



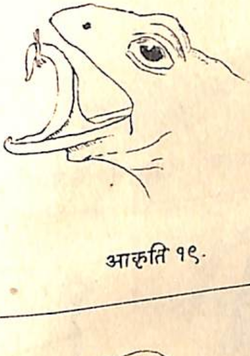
आकृति १६.



आकृति १७. क. जून २०. ख. सेपटेंबर २३. ग. डिसेंबर २१. घ. मार्च २१.



आकृति १८.



आकृति १९.



आकृति २०.

वरची खोली. ६. हृदयाची डावेकडील खालची खोली. ७. हृदयाचीडावे कडील वरची खोली ८. शरीराचा मस्तकाकडील भाग. ९. शरीराचा खालचा भाग.

सर्व शरीरांत रक्त कसें खेळतें तें बाणांच्या खुणांनीं दाखविलें आहे.



आकृति ३०.

कोकोच्या झाडाची खांदी.

१. पानें. २. फूल. ३. फळ. ४ मधीमध कापलेलें फळ. ५. बी.